

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2004243410 A

(43) Date of publication of application: 02.09.04

(51) Int. Cl

B21C 37/08
B23K 11/06
C22C 38/08
// B21D 33/00
B21D 51/10
B23K 11/16
B23K103:04

(21) Application number: 2003401052

(22) Date of filing: 01.12.03

(30) Priority: 20.01.03 JP 2003011015

(71) Applicant: NIPPON STEEL CORP

(72) Inventor: TAKAHASHI YASUO
INADA YUKITERU
IWAMI KAZUTOSHI
IMAI ATSUSHI
KOBAYASHI HIROKI
YAMANAKA MIKIO
SAITO TORU

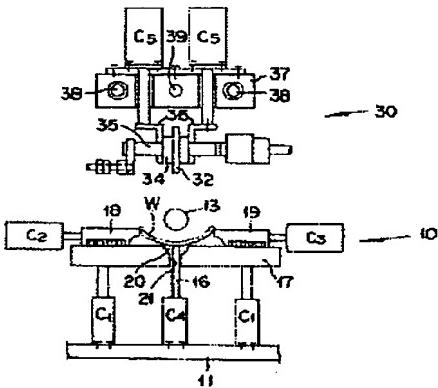
**(54) METAL FOIL TUBE, AND METHOD AND DEVICE
FOR MANUFACTURING THE SAME**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a metal foil tube of 10-100 μm thick, and a method and a device for reliably manufacturing the metal foil in a tubular shape even when the metal foil is very thin.

SOLUTION: The metal foil tube is formed by welding a metal foil stock W having the thickness t of 10-100 μm . The metal foil stock W is worked to form an overlapping part G, and opposing sides are welded, and a welded portion is finished smoothly.

COPYRIGHT: (C)2004,JPO&NCIPI



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2004-243410
(P2004-243410A)

(43) 公開日 平成16年9月2日(2004.9.2)

(51) Int.Cl.⁷

B21C 37/08
B23K 11/06
C22C 38/08
// B21D 33/00
B21D 51/10

F 1

B21C 37/08
B23K 11/06
C22C 38/08
B21D 33/00
B21D 51/10

A
102テーマコード(参考)
4E028

審査請求 未請求 請求項の数 76 O.L. (全 46 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2003-401052(P2003-401052)
(22) 出願日 平成15年12月1日(2003.12.1)
(31) 優先権主張番号 特願2003-11015(P2003-11015)
(32) 優先日 平成15年1月20日(2003.1.20)
(33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000006655
新日本製鐵株式会社
東京都千代田区大手町2丁目6番3号
(74) 代理人 100072349
弁理士 八田 幹雄
(74) 代理人 100102912
弁理士 野上 敦
(74) 代理人 100110995
弁理士 奈良 泰男
(74) 代理人 100111464
弁理士 斎藤 悅子
(74) 代理人 100114649
弁理士 宇谷 勝幸
(74) 代理人 100124615
弁理士 藤井 敏史

最終頁に続く

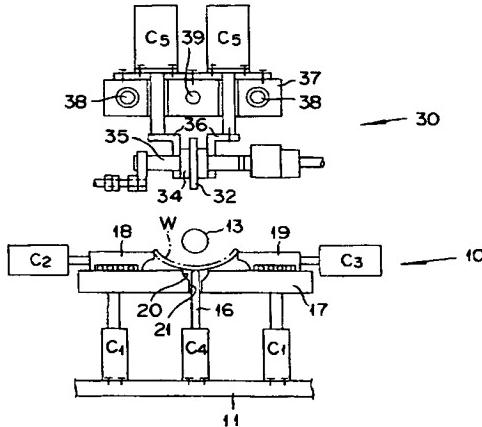
(54) 【発明の名称】金属箔チューブおよびその製造方法並びに製造装置

(57) 【要約】

【課題】 厚さが $10 \sim 100 \mu\text{m}$ である金属箔チューブと、極めて薄い金属箔であっても確実にチューブ状に仕上げができる金属箔チューブの製造方法と装置を提供する。

【解決手段】 板厚 t が $10 \sim 100 \mu\text{m}$ の金属箔素板Wを使用して溶接接合したことを特徴とする金属箔チューブであり、この金属箔素板Wを、重ね合わせ部Gを形成するように成形した後に、その対向辺を溶接し、この溶接部分を平滑に仕上げることを特徴とする。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

厚さが、 $1.0 \sim 1.00 \mu\text{m}$ である金属箔を接合しない溶接したことを特徴とする金属箔チューブ。

【請求項 2】

前記金属箔がステンレス箔であり、該ステンレス箔の材料が、フェライト系ステンレス鋼、マルテンサイト系ステンレス鋼、オーステナイト系ステンレス鋼、析出硬化型ステンレス鋼のいずれか1種であることを特徴とする請求項1に記載の金属箔チューブ。

【請求項 3】

電気抵抗溶接により接合されたことを特徴とする請求項1または2に記載の金属箔チューブ。

【請求項 4】

電気抵抗溶接が、シーム溶接であることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の金属箔チューブ。

【請求項 5】

前記シーム溶接が、パルス電源を用い、通電時間と非通電時間の比を $1/1.5 \sim 1/7$ に設定して溶接を行ったものであることを特徴とする請求項4に記載の金属箔チューブ。

【請求項 6】

電気抵抗溶接が、マッシュシーム溶接であることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の金属箔チューブ。

【請求項 7】

前記マッシュシーム溶接が、パルス電源を用い、通電時間と非通電時間の比を $1/3 \sim 1/1$ に設定して溶接を行ったものであることを特徴とする請求項6に記載の金属箔チューブ。

【請求項 8】

接合面の少なくとも一部が、固相接合であることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の金属箔チューブ。

【請求項 9】

接合または溶接線が直線状又はスパイラル状に配置されてなる請求項1～8のいずれか1項に記載の金属箔チューブ。

【請求項 10】

接合または溶接部と母材部の硬度差の絶対値が、ビッカース硬さ(H_V)で母材部の硬さの25%以下であることを特徴とする請求項1～9のいずれか1項に記載の金属箔チューブ。

【請求項 11】

請求項1～10のいずれか1項に記載の金属箔チューブに冷間加工を施して減肉させ、当該接合部を滑らかにして接合部の形状と表面粗さを整え、少なくとも当該接合部材質を加工硬化させたことを特徴とする金属箔チューブ。

【請求項 12】

前記金属箔がステンレス箔であり、該ステンレス箔がオーステナイト系ステンレス鋼の焼鈍材であることを特徴とする請求項3～11のいずれか1項に記載の金属箔チューブ。

【請求項 13】

母材部のビッカース硬さが、180以下であることを特徴とする請求項1～12のいずれか1項に記載の金属箔チューブ。

【請求項 14】

材質のビッカース硬さが、300～600であることを特徴とする請求項1～12のいずれか1項に記載の金属箔チューブ。

【請求項 15】

ステンレス鋼箔表層の最大窒素濃度が3質量%以下であることを特徴とする請求項1～12のいずれか1項に記載の金属箔チューブ。

10

20

30

40

50

～1.4のいずれか1項に記載の金属箔チューブ。

【請求項16】

バルク成分が、

C : 0.05質量%以下、
Si : 0.05～3.6質量%，
Mn : 0.05～1.0質量%，
Cr : 1.5～2.6質量%，
Ni : 5～2.5質量%，
Mo : 2.5質量%以下、
Cu : 2.5質量%以下、
N : 0.06質量%以下、

10

を含有し、残部がFeおよび不可避的不純物よりなる軟質系オーステナイト系ステンレス鋼であることを特徴とする請求項3～15のいずれか1項に記載の金属箔チューブ。

【請求項17】

バルク成分が、

C : 0.05～0.2質量%，
Si : 0.05～3.6質量%，
Mn : 1.0～5.0質量%，
Cr : 1.5～2.6質量%，
Ni : 5～2.5質量%，
Mo : 5.0質量%以下、
Cu : 4.0質量%以下、
N : 0.06質量%超～0.4質量%，

20

を含有し、残部がFeおよび不可避的不純物よりなる高強度オーステナイト系ステンレス鋼であることを特徴とする請求項3～11のいずれか1項に記載の金属箔チューブ。

【請求項18】

前記金属箔がフェライト系ステンレス鋼またはマルテンサイト系ステンレス鋼の圧延まま材で、溶接部にはマルテンサイト相が析出してなることを特徴とする請求項3～12に記載の金属箔チューブ。

【請求項19】

金属箔を接合・成形した箔チューブの表面と内表面の少なくとも一方は、硬質なめっき層によって表面硬化されていることを特徴とする請求項1～18のいずれか1項に記載の金属箔チューブ。

【請求項20】

めっき層の組成が主としてクロム、ニッケル、コバルト、パラジウムのいずれか1種または2種以上の金属であることを特徴とする請求項19に記載の金属箔チューブ。

【請求項21】

めっき層の組成がNi-P系合金であることを特徴とする請求項19に記載の金属箔チューブ。

【請求項22】

ステンレス箔の両表面の少なくともどちらか一方の接合部近傍に第10～11族元素又はこれらの元素を1種以上含む合金、或いは、融点が1200℃以下の金属をめっきし、その後該箔を抵抗溶接してなることを特徴とする請求項1～21のいずれか1項に記載の金属箔チューブ。

40

【請求項23】

めっき層の組成が重量比で1～14%のPを含むNi-P合金であることを特徴とする請求項21または22に記載の金属箔チューブ。

【請求項24】

ステンレス箔を接合又は更に成形加工した箔チューブを800～1100℃の温度で熱処理してなることを特徴とする請求項1～18のいずれか1項に記載の金属箔チューブ。

50

【請求項 25】

ステンレス箔を接合又は更に成形加工した箔チューブを800～1100℃の温度で熱処理した後に、箔チューブの内外面の少なくとも一方に硬質めっきを施してなることを特徴とする請求項1～18のいずれか1項に記載の金属箔チューブ。

【請求項 26】

前記金属箔チューブの溶接部には溶接線に沿って連続的なナゲット（溶融凝固した部分）、または溶接線に沿って50%以上の部分に断続的なナゲットが存在することを特徴とする請求項1～25のいずれか1項に記載の金属箔チューブ。

【請求項 27】

前記金属箔チューブの接合部の重ね代（x）が、前記金属箔の箔厚（t）として、 $x \leq 40 + 5t$ （単位は μm とする）を満足することを特徴とする請求項1～26のいずれか1項に記載の金属箔チューブ。

【請求項 28】

チューブの肉厚対チューブの内径の比（肉厚／内直径）が、1/500以下であることを特徴とする請求項1～27のいずれか1項に記載の金属箔チューブ。

【請求項 29】

金属箔チューブのJIS B 0601-2001（最大高さ粗さ）で規定される表面粗さRzが、 $2.0 \mu m$ 以下であることを特徴とする請求項1～28のいずれか1項に記載の金属箔チューブ。

【請求項 30】

前記金属箔チューブに、60サイクル/m in以上繰り返しサイクルで0.2%以下の歪を与える疲労試験において、 1×10^6 回以上の耐久性を有することを特徴とする請求項1～29のいずれか1項に記載の金属箔チューブ。

【請求項 31】

画像形成装置のトナー焼付け用ロールおよび／または現像用ロールに用いられてなることを特徴とする請求項1～30のいずれか1項に記載の金属箔チューブ。

【請求項 32】

板厚が $10 \sim 100 \mu m$ の金属箔素板を一組の対向辺が重ね合わさるように成形する成形工程と、前記重ね合わせた対向辺を溶接する溶接工程とを有する金属箔チューブの製造方法。

【請求項 33】

さらに前記溶接した部分を平滑に仕上げる仕上げ工程を有する請求項32に記載の金属箔チューブの製造方法。

【請求項 34】

前記成形工程は、前記金属箔素板の対向辺を重ね合わせる前に、成形用の芯棒に該金属箔素板を位置決めする位置決め工程を有する請求項32または33に記載の金属箔チューブの製造方法。

【請求項 35】

前記位置決め工程は、前記芯棒と常に平行な位置を保って近接離間する成形装置に金属箔素板を保持し、該成形装置を前記芯棒に近づけ金属箔素板と芯棒が線接触した時点で、該金属箔素板を芯棒に対して、押圧し位置決めするようにしたことを特徴とする請求項34に記載の金属箔チューブの製造方法。

【請求項 36】

前記成形工程は、前記位置決め工程後に前記成形装置を芯棒に向かって更に接近し、該成形装置に形成した断面半円形の凹部と前記芯棒との間で該金属箔素板を保持し、該金属箔素板を芯棒の周囲に巻き付ける巻き付け工程を有する請求項34又は35に記載の金属箔チューブの製造方法。

【請求項 37】

前記成形工程は、前記巻き付け工程後に前記金属箔素板の円周の一部を半径方向に変位させることにより重ね代を調整する重ね代調整工程を有する請求項36に記載の金属箔チ

10

20

30

40

50

ユーブの製造方法。

【請求項 3 8】

前記重ね代 (x) は、前記板厚 (t) として、 $x \leq 40 + 5t$ (単位は μm とする) を満足することを特徴とする請求項 3 6 又は 3 7 に記載の金属箔チューブの製造方法。

【請求項 3 9】

前記溶接は、電気抵抗溶接法である請求項 3 2 または 3 3 に記載の金属箔チューブの製造方法。

【請求項 4 0】

前記電気抵抗溶接は、シーム溶接又はマッシュシーム溶接であることを特徴とする請求項 3 2 ~ 3 9 のいずれか 1 項に記載の金属箔チューブの製造方法。

10

【請求項 4 1】

パルス電源を用い通電時間と非通電時間の比を $1/15 \sim 1/7$ に設定してシーム溶接を行う、又はパルス電源を用い通電時間と非通電時間の比を $1/3 \sim 1/1$ に設定してマッシュシーム溶接を行うことを特徴とする請求項 4 0 に記載の金属箔チューブの製造方法。

【請求項 4 2】

前記溶接は、前記芯棒の外面に軸方向に沿って形成された溝内に設けられた導電性の固定電極部材と、当該固定電極部材に対向して設けられた導電性の可動電極部材との間で通電することにより行なうことを特徴とする請求項 3 2 、 3 3 、 3 9 ~ 4 1 のいずれかに記載の金属箔チューブの製造方法。

20

【請求項 4 3】

前記固定電極部材は、外面の一部又は全部が平坦面となるように形成したことを特徴とする請求項 4 2 に記載の金属箔チューブの製造方法。

【請求項 4 4】

前記固定電極部材及び可動電極部材は、それぞれ少なくともその一部がモリブデンまたはアルミナ分散銅合金からなることを特徴とする請求項 4 2 又は 4 3 に記載の金属箔チューブの製造方法。

【請求項 4 5】

前記溶接は、前記各電極部材の硬度と、前記金属箔素板の硬度をほぼ同じにしたことを特徴とする請求項 4 2 ~ 4 4 のいずれかに記載の金属箔チューブの製造方法。

30

【請求項 4 6】

前記金属箔チューブは、前記芯棒内から半径方向に流体を噴出することにより当該芯棒から剥離し、取り外すようにしたことを特徴とする請求項 3 4 ~ 3 6 のいずれか又は 4 2 に記載の金属箔チューブの製造方法。

【請求項 4 7】

前記芯棒は、複数の部材から構成され、一部を軸方向に移動することにより金属箔チューブが当該芯棒から剥離するようにしたことを特徴とする請求項 3 4 ~ 3 7 のいずれか又は 4 2 に記載の金属箔チューブの製造方法。

【請求項 4 8】

前記金属箔素板の板厚対金属箔チューブ内直径の比 (板厚 / 内直径) が、 $1/500$ 以下であることを特徴とする請求項 3 2 ~ 4 7 のいずれかに記載の金属箔チューブの製造方法。

40

【請求項 4 9】

請求項 3 2 ~ 4 8 のいずれかに記載の方法で得られた金属箔チューブに芯金を入れ、さらにスエジング、分割ローラー圧延法、穴ダイス法、へら絞り法またはこれらの方法の組み合わせにより冷間加工を施して減肉させ、溶接部を滑らかにして溶接部の形状と表面粗さを整え、少なくとも当該溶接部の材質を加工硬化させることを特徴とする金属箔チューブの製造方法。

【請求項 5 0】

ステンレス箔の両表面の少なくともどちらか一方の接合部近傍に第 10 ~ 11 族元素又

50

はこれらの元素を1種以上含む合金、或いは、融点が1200℃以下の金属をめっきし、その後該箔を抵抗溶接することを特徴とする請求項32～49のいずれかに記載の金属箔チューブの製造方法。

【請求項51】

ステンレス箔を接合又は更に成形加工した箔チューブを800～1100℃の温度で熱処理することを特徴とする請求項32～50のいずれかに記載の金属箔チューブの製造方法。

【請求項52】

ステンレス箔を接合又は更に成形加工した箔チューブを800～1100℃の温度で熱処理した後に、箔チューブの内外面の少なくとも一方に硬質めっきを施すことを特徴とする請求項32～51のいずれかに記載の金属箔チューブの製造方法。 10

【請求項53】

めっきの組成が重量比で1～14%のPを含むNi-P合金であることを特徴とする請求項50または52に記載の金属箔チューブの製造方法。

【請求項54】

前記金属箔チューブの溶接により、当該溶接部には溶接線に沿って連続的なナゲット(溶融凝固した部分)、または溶接線に沿って50%以上の部分に断続的なナゲットが存在することを特徴とする請求項32～53のいずれかに記載の金属箔チューブの製造方法。

【請求項55】

板厚が10～100μmの金属箔素板を所定形状に成形する成形部と、前記金属箔素板の対向辺を溶接する溶接部と、を有する金属箔チューブの製造装置。 20

【請求項56】

前記成形部は、軸に直角な断面円形の芯棒と、当該芯棒に対し近接離間し得るように設けられ、金属箔素板を保持する成形装置と、該成形装置を前記芯棒に近づけ金属箔素板と芯棒が線接触した時点で、該金属箔素板を押圧し前記芯棒に対して位置決めする位置決め部材とを有し、

前記位置決めされた金属箔素板に前記成形装置を芯棒に向かって接近し、金属箔素板を予め芯棒の周囲にU字状に巻き付けるようにしたことを特徴とする請求項55に記載の金属箔チューブの製造装置。

【請求項57】

前記成形装置は、前記芯棒と常に平行な位置を保って近接離間するように設けられ、前記芯棒との間で前記金属箔素板をU字状に巻き付ける断面半円形の凹部を有する保持板と、前記U字状の金属箔素板の一片を前記芯棒の外周に密着するように押圧する第1押圧部材と、前記U字状の金属箔素板の他片を前記芯棒の外周に向かって押圧する第2押圧部材とを有し、 30

前記巻き付け後に前記金属箔素板の対向辺端部を重ね合せて重ね合わせ部を形成するようにしたことを特徴とする請求項56に記載の金属箔チューブの製造装置。

【請求項58】

前記成形部は、前記第2押圧部材による押圧完了前に、対向辺相互の重ね合わせ部の重ね代が所定値となるように前記金属箔素板の円周の一部を半径方向に変位する重ね代調整手段を有する請求項56又は57に記載の金属箔チューブの製造装置。 40

【請求項59】

前記重ね代調整手段は、前記芯棒の内部に設けた偏心装置により構成したことを特徴とする請求項58に記載の金属箔チューブの製造装置。

【請求項60】

前記重ね代調整手段は、前記芯棒の外部に設けた偏心装置により構成したことを特徴とする請求項58に記載の金属箔チューブの製造装置。

【請求項61】

前記重ね代調整手段は、前記金属箔素板が前記芯棒に密着していない非密着部分を加圧部材により加圧するようにしたことを特徴とする請求項58に記載の金属箔チューブの製 50

造装置。

【請求項 6 2】

前記重ね代調整手段は、前記芯棒に形成した凹部に向かって前記芯棒の外部に設けられた加圧部材を押し込むようにしたことを特徴とする請求項 5 8 に記載の金属箔チューブの製造装置。

【請求項 6 3】

前記加圧部材は、カム、ロール、円筒体あるいは棒状部材のいずれか 1 つであり、芯棒の軸方向両端部に個別に作動するように設けたことを特徴とする請求項 6 1 又は 6 2 に記載の金属箔チューブの製造装置。

【請求項 6 4】

前記重ね代 (x) は、前記板厚 (t) として、 $x \leq 40 + 5t$ (単位は μm とする) を満足することを特徴とする請求項 5 7 又は 5 8 に記載の金属箔チューブの製造装置。

【請求項 6 5】

前記溶接は、電気抵抗溶接法である請求項 5 5 に記載の金属箔チューブの製造装置。

【請求項 6 6】

前記溶接部は、前記芯棒の外面に軸方向に沿って設けられた導電性の固定電極部材と、当該固定電極部材に対向して設けられた可動電極部材とから構成され、両電極部材間に前記金属箔素板の前記重ね合わせ部を挟持した状態で溶接するようにしたことを特徴とする請求項 5 5 に記載の金属箔チューブの製造装置。

【請求項 6 7】

前記固定電極部材は、外面の一部または全部が平坦面となるように形成したことを特徴とする請求項 6 6 に記載の金属箔チューブの製造装置。

【請求項 6 8】

前記可動電極部材は、前記重ね合わせ部を加圧しつつ通電する電極輪である請求項 6 6 に記載の金属箔チューブの製造装置。

【請求項 6 9】

前記固定電極部材及び可動電極部材は、それぞれ少なくともその一部がモリブデンまたはアルミナ分散銅合金からなることを特徴とする請求項 6 6 ~ 6 8 のいずれかに記載の金属箔チューブの製造装置。

【請求項 7 0】

前記溶接は、前記各電極部材の硬度と、前記金属箔素板の硬度をほぼ同じにしたことを特徴とする請求項 6 6 ~ 6 8 のいずれかに記載の金属箔チューブの製造装置。

【請求項 7 1】

前記金属箔チューブは、前記芯棒内から半径方向に流体を噴出することにより当該芯棒から剥離し、取り外すようにしたことを特徴とする請求項 5 6 、 5 7 、 6 6 のいずれかに記載の金属箔チューブの製造装置。

【請求項 7 2】

前記芯棒は、当該芯棒から溶接後の金属箔チューブを剥離する流体を噴出する流体通路を有することを特徴とする請求項 5 6 、 5 7 、 6 6 のいずれかに記載の金属箔チューブの製造装置。

【請求項 7 3】

前記芯棒は、前記金属箔素板が芯棒に密着しないようにする切り欠き部を外周面に有することを特徴とする請求項 5 6 、 5 7 、 6 6 のいずれかに記載の金属箔チューブの製造装置。

【請求項 7 4】

前記芯棒は、複数の部材から構成され、一部を軸方向に移動することにより金属箔チューブが当該芯棒から剥離するようにしたことを特徴とする請求項 5 6 、 5 7 、 6 6 のいずれかに記載の金属箔チューブの製造装置。

【請求項 7 5】

前記金属箔素板の板厚対金属箔チューブ内直径の比が、1 / 500 以下であることを特

10

20

30

40

50

徴とする請求項 55～74のいずれかに記載の金属箔チューブの製造装置。

【請求項 76】

請求項 32～54に記載の金属箔チューブの製造方法ないし請求項 55～75に記載の金属箔チューブの製造装置を用いて得られたものであることを特徴とする金属箔チューブ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、新規な金属箔チューブおよびその製造方法並びに製造装置に関するものである。より詳しくは、電子写真式プリンタ、レーザービームプリンタ（LBP）、複写機、ファクシミリ等のトナー焼付用ロール、現像用ロール、定着用ロールなどに用いて好適な新規な金属箔チューブおよびその製造方法並びに製造装置に関するものである。10

【背景技術】

【0002】

現在の電子写真式プリンタ、レーザービームプリンタ（LBP）、複写機、ファクシミリ等の画像形成装置においては、感光体ドラムを画像信号により露光し、現像機にてトナー像を形成し、この感光体ドラムに形成されたトナー像を記録紙に転写し、更に定着器により熱定着して出力するようしている。そして、このような画像形成プロセスでは、上記の感光体ドラムやトナー焼付用ロール、現像用ロール、加圧ロール、定着用ロールなど、様々なロール部材が使用されている。通常、このロール部材は、円筒状あるいは円柱状に形成されており、駆動装置（モータなど）により駆動されるようになっている。20

【0003】

こうした電子写真式プリンタ、レーザービームプリンタ（LBP）、複写機、ファクシミリ等の画像形成装置のトナー焼付用ロール、現像用ロール、定着用ロール等として使用可能な円筒状の金属製薄肉チューブには、金属の持つ特性である高弾性、高剛性、高熱伝導性とその極薄化技術により、軽量でさらにシャープなフルカラー画質にとって悪影響を与える振動や回転ムラなどのない高い回転精度を達成すべくチューブ表面全体が滑らかであり、かつ耐久性に優れる金属製薄肉チューブが求められている。そのため、こうした金属製薄肉チューブには、ステンレス鋼板などをプレス加工やレーザー溶接、プラズマ溶接などにより円筒状に溶接して作製した素管（金属製肉厚チューブ）を、さらに薄肉化技術として、しごき加工、スピニング加工、引き抜き加工、バルジ加工などにより、極薄の厚さに加工している（例えば、特許文献1参照。）。30

【0004】

また、電子写真式プリンタ、レーザービームプリンタ（LBP）、複写機、ファクシミリ等の画像形成装置のトナー焼付用ロール、現像用ロール、定着用ロールなどとして使用可能な金属製薄肉チューブとして、熱可塑性樹脂で金属薄膜シート端面を接合する方法などが提案されている（例えば、特許文献2参照。）。

【特許文献1】特開2002-55557号公報

【特許文献2】特開2000-280339号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、プレス加工やレーザー溶接、プラズマ溶接などにより作製した素管（金属製肉厚チューブ）を薄肉化技術により形成した金属製薄肉チューブでは、レーザー溶接やプラズマ溶接により溶接部の組織が一旦溶融しその硬度Hvが半分程度まで低下し、強度も低下する。さらに素管を薄肉化する際に、その表面が金属圧延材（例えば、ステンレス箔）に比べると粗く（肌あれ）、例えば、90%程度の加工を施すスピニング加工の場合では表面粗さRzは3μmぐらいであり、薄肉化に伴う表面欠陥が生じるという問題点がある。そのため、シャープなフルカラー画質にとって悪影響を与える振動や回転ムラなどの回転精度が十分に得られにくいという問題を有している。また、こうした薄肉化技術40

では、製造過程が複雑であり、製造コストが高くなる傾向にある。

【0006】

また、熱可塑性樹脂で金属薄膜シート端面を接合する方法では、金属薄膜を覆う樹脂フィルムが熱可塑性樹脂であることが必要であり、非熱可塑性、或は熱硬化性であるポリイミド等の樹脂では成形が不可能である。また、金属接合に比して、樹脂接合では接合強度が弱く長期間の耐久性を持たせることが困難であり、特に高温で使用される場合に、当該接合部に加わる負荷により接合部での剥離が生じるなど熱脆化が見られるなど、トナー焼付用ロールなどとしては不向きである。また、金属薄膜に別途樹脂を均一に被覆する必要があり、製造コストがかさむ問題があった。

【0007】

そこで、本発明の目的は、プレス加工やレーザー溶接ないしプラズマ溶接法+薄肉化技術や樹脂材料等を用いることなく、極めて滑らかな表面を有し、金属の持つ高弾性、高剛性、高熱伝導性を有し、極薄で軽量であり、さらにシャープなフルカラー画質にとって悪影響を与える振動や回転ムラなどのない高い回転精度を有し、耐久性にも優れる新規な金属製薄肉チューブおよびその製造方法並びに製造装置を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明者らは、上記目的を達成すべく、新規な金属製薄肉チューブおよびその製造方法並びに製造装置につき鋭意検討した結果、従来のようなプレス加工やレーザー溶接ないしプラズマ溶接法+薄肉化技術や樹脂材料を用いることなく、ステンレス箔などの金属箔をほぼ非溶融で溶接+圧接することで、溶融部分が完全にないか又は極めて少ないので硬度が落ちることがなく、耐久性が高く、該溶接部を平滑に仕上げることのできる新規な製造方法およびその製造装置を見出し、これにより製造コストを格段に下げることができ、得られる金属箔チューブも従来のような薄肉化技術や樹脂材料を用いてなる金属製薄肉チューブに比して、金属の持つ高弾性、高剛性、高熱伝導性を有し、極薄で軽量であり、さらに表面平滑性に優れ、シャープなフルカラー画質にとって悪影響を与える振動や回転ムラなどのない高い回転精度を有し、耐久性にも優れる新規な金属箔チューブが得られることを見出し、本発明を完成するに至ったものである。

【0009】

さらに、本発明者らは、上記した新規な製造方法およびその製造装置により得られる新規な金属箔チューブに満足することなく、鋭意改良を試みた結果、以下の知見を得、本発明の更なる改良をなし得たものである。

【0010】

すなわち、一般に溶接部は箔母材に対して形状がやや不整となり、また表面粗さも大きくなる傾向にある。本発明では、金属箔をほぼ非溶融で溶接+圧接するものである。そのため、溶接部を平滑に仕上げができるものであり、溶接部は箔母材に対して形状が不整とならず、また表面粗さも小さくできるものである。しがしながら、その後に研究改良を重ねる中で、金属箔をほぼ非溶融で溶接+圧接する際に、柔らかい箔素材を使用した方が2枚重ね部が潰れ易く、また電極の疵も軽減される一方、使用性能の面からは高サイクル疲労寿命を長くするためにチューブの材質は硬い方が望ましいケースが多いことを知得した。そこで、この矛盾点を解決し本発明の金属箔チューブを更に改良する手段として、焼鈍状態の箔をほぼ非溶融で溶接+圧接し、しかる後にスエジング、分割ローラー圧延法、穴ダイス法、へら絞り法またはこれらの方法の組み合わせにより冷間加工を施して減肉させ、当該溶接部を滑らかにして溶接部の形状と表面粗さを整え、同時に材質を加工硬化させることにより金属箔チューブの疲労寿命を長くすることができるを見出した。ここでSUS301やSUS304などの準安定オーステナイト鋼では、冷間加工によつてマルテンサイト相を生じて加工硬化が著しく、ビックカース硬度で600程度まで可能である。またこれほどではないにしても、SUS304N1、同N2、SUS316N、SUS836L等の高窒素ステンレス鋼やSUS201や同202等の高Mn系ステンレスでも加工硬化は大きく、ビックカース硬度で500程度まで可能である。その他の通常のオ

ース・テナイト系ステンレス鋼では、ビックアース硬度で430程度まで可能であるということを見出し、本発明の更なる改良をなし得たものである。

【0011】

また、本発明では、ほぼ非溶融で溶接+圧接するものとして、金属箔をシーム溶接やマッシュシーム溶接等の電気抵抗溶接により接合させる手段を見出していたが、その後に研究改良を重ねる中で、シーム溶接による溶接部は、溶接線に沿って連続的なナゲット（溶融凝固した部分）、または溶接線に沿って50%以上の部分に断続的なナゲットが存在することによって溶接部の強度を安定的に高くすることができることを見出したものである。即ち、ほぼ非溶融で溶接+圧接するシーム溶接においては、一旦ナゲットが生成されると円盤状の電極（図6の符号32参照）が回転進行しても電流の多くが電気抵抗の小さいナゲット部分に流れ（無効電流）、新たに接合すべき界面には電気抵抗が大きいため少量の電流しか流れない。このためこの部分は溶融温度にまで達せずに圧接状態になる。一旦圧接部分ができるとここも電気抵抗が小さくなるため、ナゲットと同様にその先でのナゲットの生成を妨げる。このような悪循環を避けるために、本発明者らはパルス電源を用いてシーム溶接を行ない、短い通電時間の後に比較的長い非通電時間を設けてこのサイクルを繰り返すことにより連続ナゲットを得ることに成功した。この際の最適な通電時間と非通電時間の比は、1/12～1/8であり、1/12未満または1/8超～1/6では断続的なナゲットが生成される。本発明者らの実験によれば、断続ナゲットになっても溶接線の50%以上をナゲットがカバーすれば強度的には問題ないことも判明した。以上のことから、溶接長の50%以上をカバーするナゲットを得るには、パルス電源を用い、通電時間と非通電時間の比を1/15～1/7に設定してシーム溶接を行う必要があることを知得した。かかる知見により本発明の更なる改良をなし得たものである。

10

【0012】

一方、非溶融で溶接+圧接することのできるマッシュシーム溶接（非溶融であるため溶融部ができないので硬度が落ちない利点がある）においても、溶接部の強度をより安定的に高くするには、パルス電源を用いてマッシュシーム溶接を行うのがよく、この際にも最適な通電時間と非通電時間の比が存在することを見出したものである。即ち、マッシュシーム溶接では、パルス電源を用い、通電時間と非通電時間の比を1/3～1/1に設定して溶接を行うのが望ましい態様であることを知得した。かかる知見により本発明の更なる改良をなし得たものである。

20

【0013】

さらに、プリンタの定着ロールは異物の混入等によって表面に疵がつくことがあり、一旦疵がつくと後の印刷結果に悪影響する等の弊害があった。

30

【0014】

また本発明者らが見出してなる新規な金属箔チューブにおいて、金属箔をシーム溶接するのに際して、溶融凝固してできるナゲットが連続的に生じないことがままあり、この部分は圧接状態で溶接強度が相対的に低く改良の余地があることがわかつてきた。そこで、こうした点を改善して製品の歩留まり及び品質向上を図る必要があることもわかつてきた。

40

【0015】

そこで、本発明の更なる改良では、これらの問題をも解決するものであって、その第1のものは金属箔を抵抗溶接等により接合・成形した箔チューブの表面と内表面の少なくとも一方は、硬質なめっき層によって表面硬化されていることを特徴とする金属箔チューブである。

【0016】

またその第2のものは、めっき層の組成が主としてクロム、ニッケル、コバルト、パラジウムのいずれか1種または2種以上の金属であることを特徴とする上記の金属箔チューブである。

【0017】

またその第3のものは、めっき層の組成がNi-P系合金であることを特徴とする上記

50

の金属箔チューブである。

【0018】

またその第4のものは、ステンレス箔の両表面のすくなくともどちらか一方の接合部近傍に第10～11族元素又はこれらの元素を1種以上含む合金、或いは、融点が1200℃以下の金属をめっきし、その後該箔を抵抗溶接してなる金属箔チューブおよびその製造方法である。

【0019】

またその第5のものは、めっき層の組成が重量比で1～14%のPを含むNi-P合金であることを特徴とする上記の金属箔チューブおよびその製造方法である。

【0020】

またその第6のものは、ステンレス箔を抵抗溶接等により接合又は更に成形加工した箔チューブを800～1100℃の温度で熱処理することを特徴とする金属箔チューブおよびその製造方法である。

【0021】

またその第7のものはステンレス箔を抵抗溶接等により接合又は更に成形加工した箔チューブを800～1100℃の温度で熱処理した後に、箔チューブの内外面の少なくとも一方に硬質めっきを施してなる金属箔チューブおよびその製造方法である。

【0022】

本発明の目的は、下記する手段により達成される。

【0023】

(1) 厚さが、10～100μmである金属箔を接合ないし溶接したことを特徴とする金属箔チューブ。

【0024】

(2) 前記金属箔がステンレス箔であり、

該ステンレス箔の材料が、フェライト系ステンレス鋼、マルテンサイト系ステンレス鋼、オーステナイト系ステンレス鋼、析出硬化型ステンレス鋼のいずれか1種であることを特徴とする上記(1)に記載の金属箔チューブ。

【0025】

(3) 電気抵抗溶接により接合されたことを特徴とする上記(1)または(2)に記載の金属箔チューブ。

【0026】

(4) 電気抵抗溶接が、シーム溶接であることを特徴とする上記(1)～(3)のいずれか1つに記載の金属箔チューブ。

【0027】

(5) 前記シーム溶接が、パルス電源を用い、通電時間と非通電時間の比を1/1.5～1/7に設定して溶接を行ったものであることを特徴とする上記(4)に記載の金属箔チューブ。

【0028】

(6) 電気抵抗溶接が、マッシュシーム溶接であることを特徴とする上記(1)～(5)のいずれか1つに記載の金属箔チューブ。

【0029】

(7) 前記マッシュシーム溶接が、パルス電源を用い、通電時間と非通電時間の比を1/3～1/1に設定して溶接を行ったものであることを特徴とする上記(6)に記載の金属箔チューブ。

【0030】

(8) 接合面の少なくとも一部が、固相接合であることを特徴とする上記(1)～(7)のいずれか1つに記載の金属箔チューブ。

【0031】

(9) 接合または接合線が直線状又はスパイラル状に配置されている上記(1)～(8)のいずれか1つに記載の金属箔チューブ。

10

20

30

40

50

【0032】

(10) 接合または溶接部と母材部の硬度差の絶対値が、ビックカース硬さ (H_V) で母材部の硬さの 25% 以下であることを特徴とする上記 (1) ~ (9) のいずれか 1 つに記載の金属箔チューブ。

【0033】

(11) 上記 (1) ~ (10) のいずれか 1 つに記載の金属箔チューブに冷間加工を施して減肉させ、当該接合部ないし溶接部を滑らかにして接合部ないし溶接部の形状と表面粗さを整え、少なくとも当該接合部ないし溶接部の材質を加工硬化させたことを特徴とする金属箔チューブ。

【0034】

10

(12) 前記金属箔がステンレス箔であり、該ステンレス箔が、オーステナイト系ステンレス鋼の焼鈍材であることを特徴とする上記 (3) ~ (11) のいずれか 1 つに記載の金属箔チューブ。

【0035】

(13) 母材部のビックカース硬さが、180 以下であることを特徴とする上記 (1) ~ (12) のいずれか 1 つに記載の金属箔チューブ。

【0036】

(14) 材質のビックカース硬さが、300 ~ 600 であることを特徴とする上記 (1) ~ (12) のいずれか 1 つに記載の金属箔チューブ。

【0037】

20

(15) ステンレス鋼箔表層の最大窒素濃度が 3 質量 % 以下であることを特徴とする上記 (11) ~ (14) のいずれか 1 つに記載の金属箔チューブ。

【0038】

(16) バルク成分が、

C : 0.05 質量 % 以下、

S i : 0.05 ~ 3.6 質量 %、

M n : 0.05 ~ 1.0 質量 %、

C r : 1.5 ~ 2.6 質量 %、

N i : 5 ~ 25 質量 %、

M o : 2.5 質量 % 以下、

C u : 2.5 質量 % 以下、

N : 0.06 質量 % 以下、

30

を含有し、残部が Fe および不可避的不純物よりなる軟質系オーステナイト系ステンレス鋼であることを特徴とする上記 (3) ~ (15) のいずれか 1 つに記載の金属箔チューブ。

【0039】

(17) バルク成分が、

C : 0.05 ~ 0.2 質量 %、

S i : 0.05 ~ 3.6 質量 %、

M n : 1.0 ~ 5.0 質量 %、

C r : 1.5 ~ 2.6 質量 %、

N i : 5 ~ 25 質量 %、

M o : 5.0 質量 % 以下、

C u : 4.0 質量 % 以下、

N : 0.06 質量 % 超 ~ 0.4 質量 %、

40

を含有し、残部が Fe および不可避的不純物よりなる高強度オーステナイト系ステンレス鋼であることを特徴とする上記 (3) ~ (11) のいずれか 1 つに記載の金属箔チューブ。

【0040】

(18) 前記金属箔がステンレス箔であり、

50

該ステンレス箔が、フェライト系ステンレス鋼またはマルテンサイト系ステンレス鋼の圧延まま材で、溶接部にはマルテンサイト相が析出してなることを特徴とする上記（3）～（12）に記載の金属箔チューブ。

【0041】

（19） 金属箔を接合・成形した箔チューブの表面と内表面の少なくとも一方は、硬質なめっき層によって表面硬化されていることを特徴とする上記（1）～（18）のいずれか1つに記載の溶接金属箔チューブ。

【0042】

（20） めっき層の組成が主としてクロム、ニッケル、コバルト、パラジウムのいずれか1種または2種以上の金属であることを特徴とする上記（19）に記載の溶接金属箔チューブ。
10

【0043】

（21） めっき層の組成がNi-P系合金であることを特徴とする上記（19）に記載の溶接金属箔チューブ。

【0044】

（22） ステンレス箔の両表面の少なくともどちらか一方の接合部近傍に第10～11族元素又はこれらの元素を含む合金、或いは、融点が1200℃以下の金属をめっきし、その後該箔を抵抗溶接してなることを特徴とする上記（1）～（21）のいずれか1項に記載の金属箔チューブ。

【0045】

（23） めっき層の組成が重量比で1～14%のPを含むNi-P合金であることを特徴とする上記（21）または（22）に記載の溶接金属箔チューブ。
20

【0046】

（24） ステンレス箔を接合・成形した箔チューブを800～1100℃の温度で熱処理してなることを特徴とする上記（1）～（18）のいずれか1つに記載の溶接金属箔チューブ。

【0047】

（25） ステンレス箔を接合又は更に成形加工した箔チューブを800～1100℃の温度で熱処理した後に、箔チューブの内外面の少なくとも一方に硬質めっきを施してなることを特徴とする上記（1）～（18）のいずれか1つに記載の溶接金属箔チューブ。
30

【0048】

（26） 前記金属箔チューブの溶接部には溶接線に沿って連続的なナゲット（溶融凝固した部分）、または溶接線に沿って50%以上の部分に断続的なナゲットが存在することを特徴とする上記（1）～（25）のいずれか1つに記載の金属箔チューブ。

【0049】

（27） 前記金属箔チューブの接合部の重ね代（x）が、前記金属箔箔厚（t）として、 $x \leq 40 + 5t$ （単位は μm とする）を満足することを特徴とする上記（1）～（26）のいずれか1つに記載の金属箔チューブ。
40

【0050】

（28） チューブの肉厚対チューブの内径の比（肉厚／内直径）が、1／500以下であることを特徴とする上記（1）～（27）のいずれか1つに記載の金属箔チューブ。
。

【0051】

（29） 金属箔チューブのJIS B 0601-2001（最大高さ粗さ）で規定される表面粗さRzが、 $2.0 \mu m$ 以下であることを特徴とする上記（1）～（28）のいずれか1つに記載の金属箔チューブ。

【0052】

（30） 前記金属箔チューブに、60サイクル/ $m i n$ 以上の繰り返しサイクルで0.2%以下の歪を与える疲労試験において、 1×10^6 回以上の耐久性を有することを
50

特徴とする上記（1）～（29）のいずれか1つに記載の金属箔チューブ。

【0053】

(31) 画像形成装置のトナー焼付け用ロールおよび／または現像用ロールに用いられてなることを特徴とする上記（1）～（30）のいずれか1つに記載の金属箔チューブ。

【0054】

(32) 板厚が $10 \sim 100 \mu m$ の金属箔素板を一組の対向辺が重ね合わさるように成形する成形工程と、前記重ね合わせた対向辺を溶接する溶接工程とを有する金属箔チューブの製造方法。

【0055】

(33) さらに前記溶接した部分を平滑に仕上げる仕上げ工程を有する上記（32）に記載の金属箔チューブの製造方法。

【0056】

(34) 前記成形工程は、前記金属箔素板の対向辺を重ね合わせる前に、成形用の芯棒に該金属箔素板を位置決めする位置決め工程を有する上記（32）または（33）に記載の金属箔チューブの製造方法。

【0057】

(35) 前記位置決め工程は、前記芯棒と常に平行な位置を保って近接離間する成形装置に金属箔素板を保持し、該成形装置を前記芯棒に近づけ金属箔素板と芯棒が線接触した時点で、該金属箔素板を芯棒に対して、押圧し位置決めするようにしたことを特徴とする上記（34）に記載の金属箔チューブの製造方法。

【0058】

(36) 前記成形工程は、前記位置決め工程後に前記成形装置を芯棒に向かって更に接近し、該成形装置に形成した断面半円形の凹部と前記芯棒との間で該金属箔素板を保持し、該金属箔素板を芯棒の周囲に巻き付ける巻き付け工程を有する上記（34）又は（35）に記載の金属箔チューブの製造方法。

【0059】

(37) 前記成形工程は、前記巻き付け工程後に前記金属箔素板の円周の一部を半径方向に変位させることにより重ね代を調整する重ね代調整工程を有する上記（36）に記載の金属箔チューブの製造方法。

【0060】

(38) 前記重ね代（x）は、前記板厚（t）として、 $x \leq 40 + 5t$ （単位は μm とする）を満足することを特徴とする上記（36）又は（37）に記載の金属箔チューブの製造方法。

【0061】

(39) 前記溶接は、電気抵抗溶接法である上記（32）または（33）に記載の金属箔チューブの製造方法。

【0062】

(40) 前記電気抵抗溶接は、シーム溶接又はマッシュシーム溶接であることを特徴とする上記（32）～（39）のいずれか1つに記載の金属箔チューブの製造方法。

【0063】

(41) パルス電源を用い通電時間と非通電時間の比を $1/15 \sim 1/7$ に設定してシーム溶接を行う、又はパルス電源を用い通電時間と非通電時間の比を $1/3 \sim 1/1$ に設定してマッシュシーム溶接を行うことを特徴とする上記（40）に記載の金属箔チューブの製造方法。

【0064】

(42) 前記溶接は、前記芯棒の外面に軸方向に沿って形成された溝内に設けられた導電性の固定電極部材と、当該固定電極部材に対向して設けられた導電性の可動電極部材との間で通電することにより行なうことを特徴とする上記（32）、（33）又は（39）～（41）のいずれかに記載の金属箔チューブの製造方法。

10

20

30

40

50

【0065】

(43) 前記固定電極部材は、外面の一部又は全部が平坦面となるように形成したことを特徴とする上記(42)に記載の金属箔チューブの製造方法。

【0066】

(44) 前記固定電極部材及び可動電極部材は、それぞれ少なくともその一部がモリブデンまたはアルミナ分散銅合金からなることを特徴とする上記(42)又は(43)に記載の金属箔チューブの製造方法。

【0067】

(45) 前記溶接は、前記各電極部材の硬度と、前記金属箔素板の硬度をほぼ同じにしたことを特徴とする上記(42)～(44)のいずれかに記載の金属箔チューブの製造方法。
10

【0068】

(46) 前記金属箔チューブは、前記芯棒内から半径方向に流体を噴出することにより当該芯棒から剥離し、取り外すようにしたことを特徴とする上記(34)～(36)のいずれか又は(42)に記載の金属箔チューブの製造方法。

【0069】

(47) 前記芯棒は、複数の部材から構成され、一部を軸方向に移動することにより金属箔チューブが当該芯棒から剥離するようにしたことを特徴とする上記(34)～(37)のいずれか又は(42)に記載の金属箔チューブの製造方法。

【0070】

(48) 前記金属箔素板の板厚対金属箔チューブ内直径の比(板厚／内直径)が、 $1/500$ 以下であることを特徴とする上記(32)～(47)のいずれかに記載の金属箔チューブの製造方法。
20

【0071】

(49) 上記(32)～(48)のいずれかに記載の方法で得られた金属箔チューブに芯金を入れ、さらにスエジング、分割ローラー圧延法、穴ダイス法、へら絞り法またはこれら の方法の組み合わせにより冷間加工を施して減肉させ、当該接合部ないし溶接部を滑らかにして接合部ないし溶接部の形状と表面粗さを整え、少なくとも当該接合部ないし溶接部の材質を加工硬化させることを特徴とする金属箔チューブの製造方法。

【0072】

(50) ステンレス箔の両表面の少なくともどちらか一方の接合部ないし溶接部近傍に第10～11族元素又はこれらの元素を含む合金、或いは、融点が1200℃以下の金属をめっきし、その後該箔を抵抗溶接することを特徴とする上記(32)～(49)のいずれかに記載の金属箔チューブの製造方法。
30

【0073】

(51) ステンレス箔を接合又は更に成形加工した箔チューブを800～1100℃の温度で熱処理することを特徴とする上記(32)～(50)のいずれかに記載の金属箔チューブの製造方法。

【0074】

(52) ステンレス箔を接合又は更に成形加工した箔チューブを800～1100℃の温度で熱処理した後に、箔チューブの内外面の少なくとも一方に硬質めっきを施すことを特徴とする上記(32)～(51)のいずれかに記載の金属箔チューブの製造方法。
40

【0075】

(53) めっきの組成が重量比で1～14%のPを含むNi-P合金であることを特徴とする上記(50)または(52)に記載の金属箔チューブの製造方法。

【0076】

(54) 前記金属箔チューブの溶接により、当該溶接部には溶接線に沿って連続的なナゲット(溶融凝固した部分)、または溶接線に沿って50%以上の部分に断続的なナゲットが存在することを特徴とする上記(32)～(53)のいずれかに記載の金属箔チューブの製造方法。
50

【0077】

(55) 板厚が $10 \sim 100 \mu\text{m}$ の金属箔素板を所定形状に成形する成形部と、前記金属箔素板の対向辺を溶接する溶接部と、を有する金属箔チューブの製造装置。

【0078】

(56) 前記成形部は、軸に直角な断面円形の芯棒と、当該芯棒に対し近接離間し得るように設けられ、金属箔素板を保持する成形装置と、該成形装置を前記芯棒に近づけ金属箔素板と芯棒が線接触した時点で、該金属箔素板を押圧し前記芯棒に対して位置決めする位置決め部材とを有し、

前記位置決めされた金属箔素板に前記成形装置を芯棒に向かって接近し、金属箔素板を予め芯棒の周囲にU字状に巻き付けるようにしたことを特徴とする上記(55)に記載の金属箔チューブの製造装置。 10

【0079】

(57) 前記成形装置は、前記芯棒と常に平行な位置を保って近接離間するように設けられ、前記芯棒との間で前記金属箔素板をU字状に巻き付ける断面半円形の凹部を有する保持板と、前記U字状の金属箔素板の一片を前記芯棒の外周に密着するように押圧する第1押圧部材と、前記U字状の金属箔素板の他片を前記芯棒の外周に向かって押圧する第2押圧部材とを有し、

前記巻き付け後に前記金属箔素板の対向辺端部を重ね合せて重ね合わせ部を形成するようにしたことを特徴とする上記(56)に記載の金属箔チューブの製造装置。 20

【0080】

(58) 前記成形部は、前記第2押圧部材による押圧完了前に、対向辺相互の重ね合わせ部の重ね代が所定値となるように前記金属箔素板の円周の一部を半径方向に変位する重ね代調整手段を有する上記(56)又は(57)に記載の金属箔チューブの製造装置。 30

【0081】

(59) 前記重ね代調整手段は、前記芯棒の内部に設けた偏心装置(カムまたはローラなど)により構成したことを特徴とする上記(58)に記載の金属箔チューブの製造装置。

【0082】

(60) 前記重ね代調整手段は、前記芯棒の外部に設けた偏心装置(カムまたはローラなど)により構成したことを特徴とする上記(58)に記載の金属箔チューブの製造装置。 30

【0083】

(61) 前記重ね代調整手段は、前記金属箔素板が前記芯棒に密着していない非密着部分を加圧部材により加圧するようにしたことを特徴とする上記(58)に記載の金属箔チューブの製造装置。

【0084】

(62) 前記重ね代調整手段は、前記芯棒に形成した凹部に向かって前記芯棒の外部に設けられた加圧部材を押し込むようにしたことを特徴とする上記(58)に記載の金属箔チューブの製造装置。 40

【0085】

(63) 前記加圧部材は、カム、ロール、円筒体あるいは棒状部材のいずれか1つであり、芯棒の軸方向両端部に個別に作動するように設けたことを特徴とする上記(61)又は(62)に記載の金属箔チューブの製造装置。

【0086】

(64) 前記重ね代(x)は、前記板厚(t)として、 $x \leq 40 + 5t$ (単位は μm とする)を満足することを特徴とする上記(57)又は(58)に記載の金属箔チューブの製造装置。

【0087】

(65) 前記溶接は、電気抵抗溶接法である上記(55)に記載の金属箔チューブ 50

の製造装置。

【0088】

(66) 前記溶接部は、前記芯棒の外面に軸方向に沿って設けられた導電性の固定電極部材と、当該固定電極部材に対向して設けられた可動電極部材とから構成され、両電極部材間に前記金属箔素板の前記重ね合わせ部を挟持した状態で溶接するようにしたことを特徴とする上記(55)に記載の金属箔チューブの製造装置。

【0089】

(67) 前記固定電極部材は、外面の一部または全部が平坦面となるように形成したことを特徴とする上記(66)に記載の金属箔チューブの製造装置。

【0090】

(68) 前記可動電極部材は、前記重ね合わせ部を加圧しつつ通電する電極輪である上記(66)に記載の金属箔チューブの製造装置。

【0091】

(69) 前記固定電極部材及び可動電極部材は、それぞれ少なくともその一部がモリブデンまたはアルミナ分散銅合金からなることを特徴とする上記(66)～(68)のいずれかに記載の金属箔チューブの製造装置。

【0092】

(70) 前記溶接は、前記各電極部材の硬度と、前記金属箔素板の硬度をほぼ同じにしたことを特徴とする上記(66)～(68)のいずれかに記載の金属箔チューブの製造装置。

【0093】

(71) 前記金属箔チューブは、前記芯棒内から半径方向に流体を噴出することにより当該芯棒から剥離し、取り外すようにしたことを特徴とする上記(56)、(57)、(66)のいずれかに記載の金属箔チューブの製造装置。

【0094】

(72) 前記芯棒は、当該芯棒から溶接後の金属箔チューブを剥離する流体を噴出する流体通路を有することを特徴とする上記(56)、(57)、(66)のいずれかに記載の金属箔チューブの製造装置。

【0095】

(73) 前記芯棒は、前記金属箔素板が芯棒に密着しないようにする切り欠き部を外周面に有することを特徴とする上記(56)、(57)、(66)のいずれかに記載の金属箔チューブの製造装置。

【0096】

(74) 前記芯棒は、複数の部材から構成され、一部を軸方向に移動することにより金属箔チューブが当該芯棒から剥離するようにしたことを特徴とする上記(56)、(57)、(66)のいずれかに記載の金属箔チューブの製造装置。

【0097】

(75) 前記金属箔素板の板厚対金属箔チューブ内直径の比が、1/500以下であることを特徴とする上記(55)～(74)のいずれかに記載の金属箔チューブの製造装置。

【0098】

(76) 上記(32)～(54)に記載の金属箔チューブの製造方法ないし上記(55)～(75)に記載の金属箔チューブの製造装置を用いて得られたものであることを特徴とする金属箔チューブ。

【発明の効果】

【0099】

本発明の金属箔チューブでは、従来法のように金属板をプレス加工やレーザー溶接、プラズマ溶接などでチューブ状(の素管)に接合し、この素管を薄肉化技術(例えば、しごき加工、スピニング加工、引き抜き加工、バルジ加工など)により薄肉チューブに加工する場合に比して、薄肉化に関しては、金属板を圧延さらに必要に応じて焼鈍や熱処理す

ることで、所望の厚さの金属箔やチューブを量産化することができるため、素管ごとに薄肉化する場合に比して生産コストを格段に下げることができる。

【0100】

また、従来法では、プレス加工やレーザー溶接、プラズマ溶接などにより円筒状に作製した素管を薄肉化する際に、素管表面に強い機械的な応力が加わるために、どうしても肌あれ（表面平滑性の低下）が避けられないが、本発明では、圧延処理にて表面平滑性に優れた金属箔に仕上げることができ、さらに該金属箔を薄肉化加工を施すことなく、そのまま用いることができるため、優れた表面平滑性を保持し得る点でも有利である。

【0101】

さらに、本発明では、金属箔溶接を電気抵抗溶接法とするチューブであるため、制御が簡単で、極めて薄い金属箔チューブの製造を良好に行なうことができる。そのため、従来のレーザー溶接及びプラズマ溶接などで素管を形成し、これを薄肉化した薄肉チューブに比して、接合部の硬度と非接合部の硬度との硬度差を小さくすることができ、接合部と非接合部の境界部での金属疲労などにより耐久性の低下を抑えることができる。また、溶接部の溶接剥離の問題についても、従来のレーザー溶接及びプラズマ溶接などで素管を形成し、これを薄肉化した薄肉チューブでは、薄肉化の際に当該溶接部に90%程度の大きな加工が加わるため、その後の使用により溶接剥離を生じ易いが、本発明では、溶接後に大きな加工を加えなくてもよいため、当該溶接部での溶接剥離などの問題を生じにくくできる点でも有利である。

【0102】

また、本発明では、使用用途に応じて、金属箔として任意の材料を選択することができる点で有利である。すなわち、本発明では、硬質材から軟質材まで既存の材料を用いることができ、使用用途に応じて、高弾性、高剛性、軽量化、極薄化、高熱伝導性などの要求性能を満足する材料を選択することができるものである。

【0103】

さらに、本発明では、管の内外面に硬質めっきを施すことによって、紙とともに異物が持ち込まれても、ローラーに疵がつくのを抑えることができ、印刷結果に悪影響を及ぼすのを抑えることができる。また、硬質めっきを施すことによって、シーム溶接するのに際して、溶融凝固してできるナゲットが連続的に生じないことがあってもめっき層が溶けて溶接線に沿って完全な金属結合が得られる。そのため、この部分は圧接状態で十分な溶接強度を得ることができ、製品の歩留まり及び品質向上を図ることができる。

【0104】

本発明の金属箔チューブの製造方法は、板厚が10~100 μm の金属箔素板であっても、重ね合わせ部を形成するように成形した後、その対向辺を溶接し、この溶接部分を平滑に仕上げるので、極めて薄い金属箔であっても確実にチューブ状に仕上げることができる。

【0105】

成形は、金属箔を一挙に丸めるのではなく、位置決めした後に電極を有する芯棒に巻き付け、その後重ね合わせ部を形成した後に溶接するので、極めて精密な成形ができ、溶接も容易となる。この重ね合わせ部も重ね代を調整しながら形成するので、一層精密な成形が可能となる。重ね代(x)が、板厚(t)として、 $x \leq 40 + 5t$ (単位は μm である)を満足するものであれば、極めて薄い金属箔でも両端を溶接連結ができる。

【0106】

溶接は、電気抵抗溶接法であるため、制御が簡単で、極めて薄い金属箔の製造を良好に行なうことができる。また、内型となる芯棒に固定電極部材を設け、この固定電極部材に対向して可動電極部材を設け、両者間で通電すれば、金属箔の両端を精度良く連結できる。

【0107】

本発明の製造装置は、軸に直角な断面円形の芯棒の周囲に、近接離間可能な金属箔素板を保持する成形装置を設けたので、板厚が10~100 μm という極めて薄い金属箔であ

10

20

30

40

50

つでも、重ね合わせ部を形成するように成形した後に、その対向辺を溶接し、確実にチューブ状に仕上げることができる。

【0108】

成形は、金属箔素板をU字状とする保持板と、各片を芯棒の外周に密着するように押圧する第1押圧部材及び第2押圧部材により芯棒に巻き付けつつ位置決めし、対向辺端部を重ね合せるので、極めて精密な成形ができ、後の溶接も容易となる。

【0109】

重ね合わせ部の重ね代調整も、芯棒の内部あるいは外部に設けた偏心装置（カムまたはローラなど）、金属箔素板の非密着部分を加圧するかあるいは芯棒に形成した凹部に向かって金属箔素板を押し込む加圧部材により行なうようにしたので、一層精密な成形が可能となる。

【0110】

溶接は、内型となる芯棒に固定電極部材を設け、この固定電極部材に対向して可動電極部材を設け、両者間で通電するので、金属箔の両端を精度良く連結できる。また、可動電極部材を電極輪とすれば、円滑で精度の良い溶接が可能となり、各電極部材の硬度と金属箔素板の硬度をほぼ同じにすれば、長期的に精度の良い溶接が可能となる。

【0111】

成形後の金属箔チューブも芯棒内から半径方向に流体を噴出するか、分割した芯棒を用いて取り外すと、金属箔チューブが芯棒から剥離し易く、極めて薄い金属箔チューブでも容易に取り外し可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0112】

以下、本発明の実施形態を添付図面に基づいて説明する。

【0113】

<金属箔チューブ>

本発明は、厚さが、 $10 \sim 100 \mu\text{m}$ 、好ましくは $20 \sim 50 \mu\text{m}$ である金属箔を接合または溶接したことを特徴とする金属箔チューブである。本発明では、以下に説明する新規な金属箔チューブを用いることで、金属の持つ特性である高弾性、高剛性を有し、極薄軽量で耐久性に優れ、さらにかつ高熱伝導性で、シャープなフルカラー画質にとって悪影響を与える振動や回転ムラなどのない高い回転精度が望まれる、電子写真式プリンタ、レーザービームプリンタ（LBP）、複写機、ファクシミリ等の画像形成装置のトナー焼付用ロールや現像用ロールなどに適用し得る、厚さが $10 \sim 100 \mu\text{m}$ の金属箔を接合しないし溶接してなる金属製薄肉チューブを得ることができるものである。そのため、従来の薄肉化技術等では、その表面がどうしても肌あれしており、滑らかにするのが困難であり、表面粗さ R_z が $3 \mu\text{m}$ 以下のものは得られなかつたが、本発明のように金属箔、例えば、圧延ステンレス箔を接合または溶接して用いる場合には、その表面が滑らかであり、表面粗さが $2 \mu\text{m}$ 以下のものが提供できるものである。その結果、シャープなフルカラー画質にとって悪影響を与える振動や回転ムラなどのない高い回転精度を有する金属箔チューブを提供することができるものである。また、従来の熱可塑性樹脂で接合する方法では、十分な接合強度が得られず、耐久性に劣るものであったが、本発明では、金属接合であるため、接合強度が十分であり、耐久性に優れるものである。また、従来の熱可塑性樹脂で接合する方法では、わざわざ熱可塑性樹脂を金属箔表面に均一な厚さになるように塗布する必要があり、高コストになるが、本発明ではそのような工程が必要でなく、生産性に優れており、低コストな金属箔チューブを提供することができるものである。さらに、電力消費量が少なく、機械的な繰り返し応力に優れ、また疲労試験等での耐久性に優れ製品寿命が長く、 $200 \sim 400^\circ\text{C}$ 程度の高温使用温度域でも熱脆化を生じることなく、トナー焼付用ロール等にも好適に利用でき、さらにステンレス鋼のような合金を用いることのできる金属箔チューブを提供することができるものである。さらに、電子写真式プリンタ、レーザービームプリンタ（LBP）、複写機、ファクシミリ等の等の画像形成装置の小型化及び軽量化を図ることができ、また省エネルギー化を図ることができる。

10

20

30

40

50

【0・1・1・4】

ここで、本発明の金属箔チューブの厚さ（肉厚）が、 $100\text{ }\mu\text{m}$ を超える場合には、熱伝導が悪くなるため省エネモードからの立ち上がりに時間を要するほか、重量が増加し、箔が肉厚化することで、薄型化、軽量化を達成するのが困難となるため、小型軽量化を指向する利用者やメーカーの要望に十分に応えることができなくなるおそれがある。一方、ステンレス鋼箔の厚さは薄ければ薄いほど望ましいが、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 未満の場合には強度と剛性が低く扱いにくいものとなる。

【0・1・1・5】

なお、本発明では、上記したように金属箔をそのまま接合してなる金属箔チューブであることから、その表面粗さ R_z が $2\text{ }\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $0.1\sim1\text{ }\mu\text{m}$ のものとすることができる。これは、上記した通り、圧延後の金属箔の表面粗さを損なうことなく、接合（さらには表面仕上げ）により金属箔チューブに仕上げることができるためにある。また、圧延後の金属箔の表面粗さ R_z を $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 未満とすると高コストとなるので、該金属箔の表面粗さ R_z を $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以上とするのが望ましい。これにより、電子写真式プリンタ、レーザービームプリンタ（LBP）、複写機、ファクシミリ等の画像形成装置のトナー焼付けロール、現像用ロールなどに用いることのできる金属箔チューブとして、高弾性、高剛性、極薄で、軽量であり、耐久性に優れ、さらにシャープなフルカラー画質にとって悪影響を与える振動や回転ムラなどのない高い回転精度を有する表面性状の良好なチューブを提供することができるものである。

10

【0・1・1・6】

なお、上記表面粗さ R_z の測定方法は、JIS B 0601-2001（最大高さ粗さ）で規定される測定法により行うことができるが、これに制限されるものではない。

20

【0・1・1・7】

次に、本発明の金属箔チューブに用いられる材料としては、特に制限されるべきものではなく、使用用途に応じて最適な材料を適宜選択すればよいが、電子写真式プリンタ、レーザービームプリンタ（LBP）、複写機、ファクシミリ等の画像形成装置の定着ロール、現像ロール、加熱ロールなどに用途の場合には、高弾性、高剛性、極薄で、軽量化が図れ、耐久性に優れ、さらにシャープなフルカラー画質にとって悪影響を与える振動や回転ムラなどのない高い回転精度を有するものを提供することができる点で、ステンレス箔が望ましく、具体的には、その材質は、フェライト系ステンレス鋼、マルテンサイト系ステンレス鋼およびオーステナイト系ステンレス鋼、析出硬化型ステンレス鋼のいずれか1種であることを特徴とするものである。なお、上記析出硬化型ステンレス鋼は、後述する実施例7のように、電気抵抗溶接等により接合して金属箔チューブを作製し、研磨などの仕上げ処理を行った後に、使用するステンレス鋼の特性に沿って、例えば、固溶化熱処理、必要があれば中間処理、析出硬化熱処理等を行うことで析出硬化させて高耐力を得ることができ、また母材部と溶接部の硬さを略同じにすることができ、耐久性を格段に向上させることができる点で有利である。このときの固溶化熱処理、必要があれば中間処理、析出硬化熱処理等の条件は、ステンレス鋼種ごとに最適条件が解説されている。

30

【0・1・1・8】

本発明では、従来、金属箔を直接接合する技術は何ら確立されていなかったが、使用目的に応じて、軟質材のステンレス箔から硬質材のステンレス箔までの各種材料につき幅広く使用可能となるものであり、使用材料による何らの制限を受けることなく、幅広い用途に適用し得る金属箔チューブを提供することができるものである。ただし、本発明の金属箔チューブの材料としては、これらに制限されるべきものではなく、例えば、Fe基超合金、NiおよびNi合金、CoおよびCo合金、TiおよびTi合金、NbおよびNb合金、ZrおよびZr合金、TaおよびTa合金などを用いることもできる。

40

【0・1・1・9】

本発明の金属箔の材料としては、フェライト系ステンレス鋼、マルテンサイト系ステンレス鋼、オーステナイト系ステンレス鋼及び析出硬化型ステンレス鋼のいずれか1種のステンレス鋼を原板とし、その後に圧延を行って得られる圧延まま材、さらに圧延後に焼鈍

50

を行って得られる焼鈍材、そのほかテンションアンーリング材などが好適であるが、これらに制限されるものではない。具体的には、JISにおいてSUS400番台に規定されているフェライト系ステンレス鋼箔のほかSUSXM27やTp.409系などのフェライト系ステンレス鋼、JISにおいてSUS400番台に規定されているマルテンサイト系ステンレス鋼箔、およびJISにおいてSUS200番台および300番台に規定されているオーステナイト系ステンレス鋼箔のほかSUSXM7、SUSXM15J1、Tp.302B、Tp.314系などのオーステナイト系ステンレス鋼、SUS630およびSUS631などの析出硬化型ステンレス鋼のいずれか1種のステンレス鋼を原板とし、その後に圧延を行って得られる圧延まま材、さらに圧延後に焼鈍を行って得られる焼鈍材及び析出処理材などが挙げられる。

【0120】

また、本発明の金属箔チューブでは、電気抵抗溶接により接合されたものであるのが望ましく、具体的には、電気抵抗溶接が、シーム溶接、望ましくはマッシュシーム溶接であるものが望ましい。本発明では、従来の薄肉化技術に比して、より表面平滑性に優れているものであるが、かかる表面平滑性を達成するには、接合部と母材部との間でも表面平滑性に優れるように接合し、さらには接合部と母材部で硬度差がビッカース硬さで母材部の硬さの25%以下となるようにされている必要がある。そのためには、当該接合部が、電気抵抗溶接により接合されたものであることが望ましく、具体的には電気抵抗溶接が、シーム溶接、望ましくはマッシュシーム溶接である。上記接合手段を用いてなる金属チューブでは、電極加圧力をかけて行う継手の抵抗溶接法であるシーム溶接、さらには円板電極で強加圧のもとで、継手部分をつぶしながら溶接し、突合せ継手に近い接合部を得る溶接法であるマッシュシーム溶接を採用することで、接合部の箔同士が適度な電極加圧で連続してつぶされて突合せ継手に近い接合部を形成し得ることができる。そのため、溶接部の肉厚が平坦化されており、その後の表面仕上げの際に箔同士の接合部に過大な負荷を加えなくてもよく、接合後の平滑仕上げが簡便でよいために、製造コストを抑えることができる。その結果、上記したような表面粗さRzの低い滑らかな表面（接合部）に仕上げることができるものである。

【0121】

さらに、本発明の金属箔チューブにおいては、金属箔チューブの溶接部には溶接線に沿って連続的なナゲット（溶融凝固した部分）、または溶接線に沿って50%以上の部分に断続的なナゲットが存在することが望ましい。これは、ほぼ非溶融で溶接+圧接することのできるシーム溶接等により接合を行う場合に、当該溶接部は、溶接線に沿って連続的なナゲット（溶融凝固した部分）、または溶接線に沿って50%以上の部分に断続的なナゲットが存在することによって溶接部の強度を安定的に高くするためである。

【0122】

即ち、通常シーム溶接においては、一旦ナゲットが生成されると円盤状の電極（図6の符号32参照）が回転進行しても電流の多くが電気抵抗の小さいナゲット部分に流れ（無効電流）、新たに接合すべき界面には電気抵抗が大きいため少量の電流しか流れない。そのためこの部分は溶融温度にまで達せずに圧接状態になる。一旦圧接部分ができるとここも電気抵抗が小さくなるため、ナゲットと同様にその先でのナゲットの生成を妨げる。このような悪循環を避けるために、本発明者らはパルス電源を用いてシーム溶接を行ない、短い通電時間の後に比較的長い非通電時間を設けてこのサイクルを繰り返すことにより連続ナゲットを得ることに成功した。この際の最適な通電時間と非通電時間の比は、1/12～1/8であり、1/12未満または1/8超～1/6では断続的なナゲットが生成される。本発明者らの実験によれば、断続ナゲットになってしまって溶接線の50%以上をナゲットがカバーすれば強度的には問題ないことが判明した。溶接長の50%以上をカバーするナゲットを得るには、通電時間と非通電時間の比を1/15～1/7にする必要がある。以上の観点から、本発明の金属箔チューブでは、パルス電源を用い、通電時間と非通電時間の比を1/15～1/7に設定してシーム溶接してなるものが望ましいともいえる。

【0123】

10

20

30

40

50

さらに、非溶融で溶接+圧接することのできるマッシュシーム溶接（非溶融であるため溶融部ができないので硬度が落ちない利点がある）においても、溶接部の強度をより安定的に高くするには、パルス電源を用いてマッシュシーム溶接を行うのがよく、この際にも最適な通電時間と非通電時間の比が存在することを見出したものである。即ち、本発明の金属箔チューブでは、パルス電源を用い、通電時間と非通電時間の比を $1/3 \sim 1/1$ に設定してマッシュシーム溶接してなるものも望ましい態様の1つといえる。

【0124】

また、本発明による溶接部は、接合面に沿って生じるナゲットの部分を除いて溶融相の残らない固相接合状態であるため、溶融相が溶接部の全厚にわたって残るレーザー溶接あるいはプラズマ溶接などに比して接合部での組成変化（結晶構造変化）による強度低下を抑えることができる。そのため、金属箔チューブを画像形成装置のトナー焼付け用ロールや現像用ロール等に用いた際に、当該接合部と非接合部（母材部）での硬度等の機械的特性がほぼ同等であるため、当該接合部と母材部との境界部や接合面での応力集中による急激な金属疲労などによるひび割れや接合剥離などを生じにくくなど、耐久性に優れるため長期寿命化を図ることができる。但し使用する材料が軟質材の場合は、溶接時の加圧力を小さくして溶接部に溶融相を残し、母材との硬度差をすくなくすることもできる。以上のことから、本発明による溶接部の接合面の少なくとも一部は、固相接合であることが望ましいといえる。この場合、接合面が固相接合であるのは、接合面の一部であってもよい、全部であってもよい。なお、非溶融で溶接+圧接することのできるマッシュシーム溶接を用いれば、ナゲットを生成することなく、溶接部の接合面の全部を固相接合することが可能である。溶融相が形成されないため接合部での組成変化（結晶構造変化）による強度低下がない点で望ましい。

10

【0125】

上記電気抵抗溶接（シーム溶接、マッシュシーム溶接を含む）等でのほぼ非溶融で溶接+圧接により、接合部の重ね代（x）が、前記金属箔の箔厚（t）として、 $x \leq 40 + 5t$ を満足してなる金属箔チューブが好ましい。ここで、重ね代（x）が $40 + 5t$ よりも大きい場合には、さらに表面仕上げ加工を行えばよい。なお、ここでの重ね代（x）及び金属箔の箔厚（t）の単位は、いずれも μm とする。

20

【0126】

本発明の金属箔チューブでは、溶接部と母材部（非溶接部）の硬度差の絶対値が、ビックカース硬さ（Hv）で母材部の硬さの25%以下になるようにすることが望ましいとも言える。溶接部と母材部（非溶接部）の硬度差の絶対値が、ビックカース硬さ（Hv）で母材部の硬さの25%を超える場合には、溶接部と母材部（非溶接部）の境界部で硬度差による冶金的ノッチ効果により金属疲労などによるひび割れや亀裂などを生じ易くなる。また、従来のレーザー溶接法では、溶接部が溶けて硬度が下がったままとなる。該ビックカース硬さ（Hv）の測定方法は、JIS Z 2244（1998）による。本発明では、上記溶接法や材料や熱処理方法を適宜選択することで、溶接部と母材部（非溶接部）の硬度差を抑えることができ、金属箔チューブ全体の耐久性を高めることができ、機械的強度（硬度差）による回転ムラや振動のない高い回転精度を実現することができる。

30

【0127】

また、本発明では、ステンレス箔として、フェライト系ステンレス鋼またはマルテンサイト系ステンレス鋼の圧延まま材で、溶接部にはマルテンサイト相が析出するものが好適に利用可能である。具体的には、SUS410Lなどのフェライト系ステンレス鋼、SUS403、410系、420系、431、440系などのマルテンサイト系ステンレス鋼などが溶接部にはマルテンサイト相が析出するものとして例示できる。これらの鋼の場合は、溶接部は溶接熱によるマルテンサイトの析出で硬化させ、母材部は圧延による加工硬化を利用して硬化させ、溶接部と母材部の硬度差を小さくすることができる。又、マルテンサイト系ステンレス鋼では、溶接後に適当な温度で熱処理することにより、その硬度をHv300から600の広範囲に選択することが出来る。

40

かかるステンレス箔として硬質材を用いてなる金属箔チューブは、例えば、 $30 \mu\text{m}$ 以下

50

の厚さの用途に好適に利用することができる。特に、ステンレス箔として上記硬質材を用いる場合には、溶接部の機械的性質を高めることができる。そのため、疲労寿命を長くすることができ、耐久性向上に寄与し得るものである。さらに節電モードからの立ち上がり時間を短縮することも可能である。

【0128】

さらに本発明では、SUS304などJISで規定されているSUSの300番台に規定されているオーステナイト系ステンレス鋼を圧延、焼鈍してなる焼鈍材が挙げられる。かかるステンレス箔として軟質材を用いてなる金属箔チューブは、溶接部はそれほど硬化せず、母材部は軟質材であるから、全体として軟質なチューブを得ることができる。この場合は金属箔の硬度とほぼ同程度の電極材を用いることで、電極材および金属箔の双方を傷つけることなく、接合することができるものである。特に、金属箔にオーステナイト系ステンレス鋼の焼鈍材を用いる場合には、電極材に銅などの電気伝導性に優れた材料を組み合わせることができる点でも有利である。

10

【0129】

金属箔として上記オーステナイト系ステンレス鋼の焼鈍材を用いる場合には、母材部のビッカース硬さ(H_v)が180ポイント以下であるものが好ましい。これは、製造段階で加工性に優れ、チューブ状に成型し易いなどの特性がある。また、金属箔を高精度に切り出す(打ち抜く)際にも、反りは周縁部のひずみなどが生じ難い点でも優れている。また、金属箔の硬度とほぼ同程度の電極材、例えば、モリブデン、アルミナ分散銅合金などが存在しており、こうした電極材を利用できるため、製造段階での電極材ないしチューブの損傷を抑えることもできる。

20

【0130】

上記金属箔チューブにおいては、耐久性、耐磨耗性に優れ、高サイクル疲労寿命を長くする観点から、材質のビッカース硬さ(H_v)が、300～600ポイント、好ましくは400～500ポイントである。すなわち、製造段階で加工性に優れ、チューブ状に成型し易いなどの観点からは、母材部のビッカース硬さが180ポイント以下が望ましいものである。しかしながら、使用性能の面からは高サイクル疲労寿命を長くするためにチューブの材質は硬い方が望ましいケースが多い。そこで、金属箔を接合ないし溶接して得られた金属箔チューブに、更に冷間加工を施して減肉させ、当該接合部を滑らかにして接合部の形状と表面粗さを整え、少なくとも当該接合部の材質を加工硬化させてもよい。これにより当該接合部を含む材質のビッカース硬さ(H_v)を上記に規定する範囲にまで高めることができ、使用性能として耐久性、耐磨耗性を高めることができる。その結果、溶接段階での加工性と、使用性能の面からの高サイクル疲労寿命の双方を同時に達成することができるものである。

30

【0131】

本発明では、前記金属箔チューブの溶接部を含めて、全体に加工を施して減肉させ、当該溶接部を滑らかにして溶接部の形状と表面粗さを整え、当該溶接部を含むチューブ全体の材質を加工硬化させたことを特徴とするものであってもよい。これは、先述したように、本発明のようにはほぼ非溶融で溶接+圧接する場合においては、柔らかい箔素材を使用した方が2枚重ね部が潰れ易く、また電極の疵も軽減される一方、使用性能の面からは高サイクル疲労寿命を長くするためにチューブの材質は硬い方が望ましいケースが多い。この矛盾点を解決すべく本発明の更なる改良では、焼鈍状態の箔を溶接し、しかる後にスエジング、分割ローラー圧延法、穴ダイス法、へら絞り法またはこれらの方法の組み合わせにより冷間加工を施して減肉させ、当該溶接部を滑らかにして溶接部の形状と表面粗さを整え、同時に材質を加工硬化させることとしたものである。これにより金属箔チューブの疲労寿命を長くすることができるものである。

40

【0132】

すなわち、上記加工法に適している金属箔チューブとしては、上記したように焼鈍状態の箔を溶接してなるものが望ましいが、未焼鈍の箔を溶接してなるものの使用を排除するものではない。即ち、金属箔を接合ないし溶接して得られた金属箔チューブに冷間加工を

50

施して減肉させ、当該溶接部を滑らかにして溶接部の形状と表面粗さを整え、同時に材質を加工硬化させることにより金属箔チューブの疲労寿命を長くすることができるものであれば、未焼鈍の箔を溶接してなるものといえども、本発明の上記技術範囲に含まれるものである。

【0133】

上記金属箔チューブの溶接部の加工法としては、例えば、スエジング、分割ローラー圧延法、穴ダイス法、へら絞り法またはこれらの方法の組み合わせによる冷間加工を行なうことができる。ただし、本発明では、溶接部を滑らかにして溶接部の形状と表面粗さを整え、少なくとも当該溶接部の材質を加工硬化させることができるものであれば、これらの冷間加工法に制限されるべきものではない。10

【0134】

上記加工法により冷間加工を行って溶接部を滑らかにすることで溶接部は、外観上、形状、表面あらさおよび硬度において母材部と区別できなくなるように整えるのが望ましい。これにより、シャープなフルカラー画質にとって悪影響を与える振動や回転ムラなどのない高い回転精度を達成でき、チューブ表面全体が滑らかであり、かつ耐久性に優れる金属箔チューブを提供することができる。20

【0135】

同様に、溶接部を滑らかにすることで表面粗さは、J I S B 0 6 0 1 - 2 0 0 1 (最大高さ粗さ)で規定される表面粗さ R_z が $2.0 \mu m$ 以下、好ましくは $0.1 \sim 1 \mu m$ となるように整えるのが望ましい。特に、上記加工法による冷間加工では、表面粗さを整えるのに適しており、上記好適な範囲の下限値に近いものに調整可能である（後述する実施例9の表1参照のこと）点で極めて有効である。20

【0136】

また、冷間加工を行ない、材質を加工硬化させることで、材質のビッカース硬さ (H_V) が $300 \sim 600$ ポイント、好ましくは $400 \sim 600$ ポイント、より好ましくは $450 \sim 550$ ポイントとなるように整えるのが望ましい。これにより、上述したように、画像形成装置のトナー焼付用ロールや現像用ロール等として使用可能な耐久性、耐磨耗性に優れ、高サイクル疲労寿命を長くする上で有効な硬度を有する溶接金属箔チューブを提供することができる。

【0137】

また、上記金属箔として上記オーステナイト系ステンレス鋼の焼鈍材を用いる場合には、高精度に金属箔を切り出す（打ち抜く）際に、シワやひび割れ（クラック）などを生じさせないために、ステンレス鋼箔全体（バルク）での窒素元素の含有量が、 0.06 質量% 以下、より好ましくは 0.03 質量% 以下であることが望ましい。また、同時にステンレス箔表層の最大窒素濃度が 3 質量% 以下であることが望ましい。ここで、ステンレス鋼箔表層とは、焼鈍処理により表面に形成された酸化皮膜のことを意味する。一般的に、酸化皮膜は、最表層より、酸素濃度のピークから 50% になるまでの深さの部分を指す。ステンレス鋼箔の窒素含有量が 0.06 質量% を超える場合には、ステンレス箔が硬くなるため、高精度に金属箔を切り出す（打ち抜く）際に割れやすく、クラックが生じ易くなるおそれがある。これは、通常のステンレス薄板や圧延しただけのステンレス箔では、窒素分が著しく増加することはないが、製造段階で焼鈍を行う場合には、雰囲気中の N_2 ガスがステンレス箔に取り込まれ、顕著な窒化が生じる。そのため、バルクの窒素含有量が増加すると同時に、表層の酸化皮膜中の窒素含有量も著しく増加する。表層部の窒素含有量はバルク内部に対して相対的に増加するので、バルク内部よりもさらに高硬度化する。その結果、高精度に金属箔を切り出す（打ち抜く）際に表層部に浅いクラックが生じ、厚さ方向に進行してひび割れにつながるものと言える。30

【0138】

また、金属箔として上記オーステナイト系ステンレス鋼の焼鈍材を用いる場合には、その材質は、具体的には、SUSシリーズでは、SUS304、SUS304L、SUS304J1 (Cu添加)、SUS304J2 (17Cr-7Ni-4Mn-2Cu)、SU50

S 3・1・6 (Mo 添加)、SUS 316L (Mo 添加)、SUS 305、SUS XM 7 (Cu 添加)、SUS 317、SUS 317L、SUS 309Sなど、新日本製鉄株式会社独自鋼種のYUSシリーズでは、YUS 304UL、YUS 316UL (Mo 添加)、YUS 27A (Cu 添加)、YUS 110M (Cu、Si、Mo 添加)、YUS 170などのステンレス鋼を原板とし、その後に圧延、焼鈍を行って得られたものが使用可能であるが、これらに制限されるものではない。ステンレス鋼として最も広く使用されており、圧延処理に用いるステンレス薄板として既に安定かつ安価に市販されており、圧延によるステンレス鋼箔への加工技術が確立されており、さらに焼鈍処理にも適してなる上記のSUS 316系やSUS 304系などのステンレス鋼を原板とし、その後に圧延、焼鈍を行って得られたものがより望ましいと言える。なかでも、SUS 304J1 (17Cr-7Ni-2Cu) およびSUS 304J2 (17Cr-7Ni-4Mn-2Cu) を原板としたものは、C、N低下とCu添加で成形性向上と時効割れ性改善効果が大きく、プレス成形性は上記に例示したものの中でも最高である。また、SUS 316やSUS 305のようなオーステナイト安定系を原板としたものは、加工誘起マルテンサイトの生成がなく、時効割れの危険性がない。なお、Ti添加鋼のSUS 316Ti、SUS 321、高Ni鋼のSUS 310S (25Cr-20Ni)、SUS 317J5L (21Cr-24Ni-4.5Mo-1.5Cu-低C)、SUS 384 (16Cr-18Ni)、SUS XM 15J1 (18Cr-13Ni-4Si) なども電子写真式プリンタ、レーザービームプリンタ (LBP)、複写機、ファクシミリ等の画像形成装置のトナー焼付用ロールや現像用ロール等として使用可能である。

10

20

【0139】

また、金属箔として上記オーステナイト系ステンレス鋼の焼鈍材のような軟質系オーステナイト系ステンレス鋼（軟質材）ないし高強度オーステナイト系ステンレス鋼（硬質材）を用いる場合には、ステンレス鋼の好適な各成分範囲は次の通りである。

【0140】

C : Cはオーステナイト安定化元素であるが、高めの場合は材質が硬くなるので、軟質材を得る場合は0.05質量%以下とし、硬質材を得る場合は0.05~0.2質量%とする。

30

【0141】

Si : Siは脱酸に0.05質量%以上必要である。また、耐酸化性には有效地に働くが、強力なフェライト形成元素であり、3.6質量%を越えると加工性を損なうと同時に熱延時のデスケーリングが困難になるため、上限を3.6質量%とした。

【0142】

Mn : Mnはオーステナイト安定化元素として有効であると同時に、Sを固定して熱間加工性を向上させるために添加される。しかしながら、含有量が0.05質量%に満たないとその効果に乏しく、一方1.0質量%を超えると材質が硬くなるので軟質材を得る場合は0.05~1.0質量%とし、硬質材を得る場合は1.0~5.0質量%とした。

40

【0143】

Cr : Crはステンレス鋼の基本成分であり、優れた耐食性を得るには最低15質量%を必要とする。一方、26質量%を越えると鋼が脆化し、加工性が劣化するので、上限を26質量%とした。好ましい範囲は17~19質量%である。

【0144】

Ni : Niはオーステナイトステンレス鋼の基本成分の一つである。加工性、耐食性に有効な元素であり、5質量%以上添加される。しかしながら、25質量%以上を越えて添加してもこれらの効果は飽和に達するので、5~25質量%の範囲とする事が望ましい。

【0145】

Mo : Moは耐食性を向上させる元素であり、必要に応じて添加される。しかしながら、含有量が2.5質量%を越えると鋼が硬化し5.0質量%を超えると鋼が脆化するので、軟質材を得る場合は上限を2.5質量%とし、硬質材を得る場合は上限を5.0質量%とした。

50

【0146】

Cu : Cuはオーステナイトを安定化するとともに、加工性、耐食性を向上させる元素であり、必要に応じて添加される。しかしながら、含有量が軟質材では2.5質量%、硬質材では4.0質量%を越えて添加してもその効果は飽和に達するので、軟質材を得る場合は上限を2.5質量%とし、硬質材を得る場合は上限を4.0質量%とした。

【0147】

N : Nは強力なオーステナイト安定化元素であると同時に、耐食性を向上させる元素であり、0.005質量%以上で添加される。軟質材では、0.06質量%を越えて含有すると、光輝焼鈍後の箔材の加工性（高精度な切り出し加工ないし打ち抜きプレス加工性）が劣化し、割れやクラックが発生しやすくなる。一方、硬質材では0.06質量%以下の含有量では十分な強度が得られにくく、0.4質量%を越えて含有すると箔材の加工性（高精度な切り出し加工ないし打ち抜きプレス加工性）が劣化し、割れやクラックが発生しやすくなる。以上のことから、軟質材を得る場合は0.06質量%以下、より好ましくは0.007～0.03質量%の範囲であり、硬質材を得る場合は0.06質量%超～0.4質量%である。

【0148】

さらに、当該ステンレス鋼には、添加微量元素として、Ti、Caなどを含有していてもよい。

【0149】

また当該ステンレス鋼は、上記各成分（上記添加微量元素を含む）を上記範囲（上記添加微量元素の量は、使用目的に応じて適量（通常、Ti : 0.2質量%以下、Ca : 0.0050質量%以下）含有されればよく、特に制限されるものではない）にて含有し、残部がFeおよび不可避的不純物よりなるものである。不可避的不純物元素としては、P、S、Al、Oなどが挙げられる。不可避的不純物の量は、通常、P : 0.045質量%以下、Al : 0.05質量%以下、S : 0.030質量%以下、O : 0.01質量%以下である。

【0150】

また、本発明の金属箔チューブでは、金属箔を抵抗溶接等により接合・成形した箔チューブの表面と内表面の少なくとも一方は、硬質なめっき層によって表面硬化されていることを特徴とするものである。以下に、本発明の箔チューブの表面と内表面が硬質なめっき層によって表面硬化されている金属箔チューブにつき、詳細に説明する。

【0151】

プリンタの定着ロールは、時として紙とともに異物が持ち込まれることもあり、ローラーに疵がつきこれが印刷結果に悪影響することがある。このためローラーの表面硬度はヴィッカースで400以上あることが望ましい。溶接後にあまり加工をしない場合は箔チューブの内外面に硬質めっきを施すことによってこれは達せられる。めっきする金属としては、クロム、ニッケル、コバルト、パラジウムなどの金属を主体とするものが可能で、これらを硬化させるためにPなどの添加物を若干量加えることも有効である。Ni-P系合金のめっきの場合は、Pの濃度としては重量比で1～14%が望ましい。その理由は1%未満では硬化の効果が薄く、14%超ではめっき層が脆くて、割れを生じ易くなるためである。めっき方法としては無電解めっきや電気めっきが可能であるが、箔チューブの内側（内表面）をめっきするには無電解めっきが都合がよい。本発明では上記したように箔チューブの表面と内表面の両方に硬質なめっき層を設けてなる場合に何ら制限されるものではなく、いずれか一方にのみ硬質なめっき層を設けてよい。即ち、トナー焼付用ロール、現像用ロール、定着用ロールなどに用いる場合には、感光体ドラムや他のロール或いは用紙等と接する箔チューブの表面（外表面）を硬化させておくのが有効である。一方、ロール内にヒータを設置することもあるので、そのような場合には箔チューブの内表面を硬化させておくことが有効である。このように金属箔チューブの使用用途に応じて、箔チューブの内及び／又は外表面に硬質なめっき層を設ければよい。

【0152】

また本発明の金属箔チューブは、ステンレス箔を抵抗溶接等により接合又は更に成形加工した箔チューブを800～1100℃の温度で熱処理してなることを特徴とするものである。

【0153】

ステンレス鋼をシーム溶接する場合に、ステンレスの表面不動態化皮膜が強固であるため、これらを完全に打ち破って強固な金属結合を溶接線の全長にわたって得るためには、電流、電圧、溶接速度、通電比率などを仔細に検討して、かなり狭い溶接条件の範囲内の溶接が必要になる。特に重ねた2枚の箔を完全に潰して1枚の厚さにするマッシュシーム溶接の場合は、箔の端面が埋め込まれた部分への通電密度が低い。このためこの部分の接合強度が不充分で、繰り返し加工を受けた場合は接合線にそって開口する場合がある。この問題を解決するために本発明者らは二つの方法が有効であることを知見した。

10

【0154】

そのひとつはステンレス箔を抵抗溶接等により接合又は更に成形加工した箔チューブを熱処理して接合線を拡散接合させて強度を補強することである。この場合熱処理は真空熱処理や不活性雰囲気中で行なうのが良い。熱処理温度は800～1100℃が適当である。ステンレスがフェライト系やマルテンサイト系の場合は低めの温度でよく、オーステナイト系の場合は高めの温度が必要である。さりながら800℃未満では拡散接合が充分に行なわれず、また1100℃超では熱処理中に変形が大きく、結晶粒も粗大化するので好ましくない。また熱処理によって溶接部周辺の熱応力が開放されて、溶接部周辺に往々にして見られるゴワゴワ感がなくなる効果もある。さらに熱処理後に上記の硬質めっきをすると溶接部の小さな凹凸も隠されて、溶接部の位置が判らなくなるほどである。したがって本発明の金属箔チューブとしては、ステンレス箔を抵抗溶接等により接合又は更に成形加工した箔チューブを800～1100℃の温度で熱処理した後に、箔チューブの内外面の少なくとも一方に硬質めっきを施してなるものが望ましいといえる。該硬質めっきに関しては、上記した通りであるので、ここでの説明は省略する。

20

【0155】

第二の方法は、溶接前の金属箔にあらかじめ、Au、Ag、Cu、Ni等の第10～11族元素又はこれらの元素を含む合金（例えば、Ni-P系合金等）、或いは、Alなどの融点が1200℃以下の金属をめっきしておき、これを抵抗溶接して金属箔チューブを得る方法である。この方法では接合線の部分はステンレス等の金属箔の融点に達してなくとも、めっき層の融点以上になればめっき層が溶けて、ステンレス等の金属箔表面の不動態化皮膜などを伴い大部分が接合線に沿って接合部の外へ押し出される。したがって溶接線に沿って完全な金属結合が得られる。さらに箔の端面が埋め込まれた部分では小さな溝が生じることがあるが、ここをもめつきされた溶融金属が埋めて接合部にノッチが生じない等の利点がある。したがって本発明の金属箔チューブとしては、金属箔の両表面の少なくともどちらか一方の接合部近傍にAu、Ag、Cu、Ni等の第10～11族元素又はこれらの元素を1種以上含む合金（例えば、Ni-P系合金等）、或いは、Al等の金属箔の融点よりも低い融点の金属（合金を含む）、好ましくは融点が1200℃以下の金属（合金を含む）をめっきし、その後該箔を抵抗溶接してなるものが望ましいといえる。

30

【0156】

また、本発明の金属箔チューブでは、チューブの肉厚対チューブの内径の比（肉厚／内直径）が、1/300以下、好ましくは1/500以下であることが望ましい。なお、ここでいう肉厚およびチューブの内径は、許容範囲誤差があることから、複数箇所（例えば、5～10箇所程度）の平均値を用いるものとする。

40

【0157】

また、金属箔チューブの内径としては、特に制限されるものではなく、使用用途に応じて適宜決定すればよいが、例えば、電子写真式プリンタ、レーザービームプリンタ（LB P）、複写機、ファクシミリ等の画像形成装置のトナー焼付け用ロールや現像用ロールは、小型軽量化の要請が強いことから、現状用いられている内径50mm以下に対応しえるものであればよい。特に後述する本発明の製造方法および製造装置では、こうした小型化

50

の要求に十分に対応することができるものであり、小型化によりチューブの曲率が大きくなり、チューブ状に成形する際の加工性が要求されるような場合にも、上記したステンレス箔のうちのオーステナイト系ステンレス鋼の焼鈍材を用いることで、内径 10 ~ 15 mm 程度までの小径に十分対応することができるものである。

【0158】

同様に、金属箔チューブの長さとしても、特に制限されるものではなく、使用用途に応じて適宜決定すればよいが、例えば、電子写真式プリンタ、レーザービームプリンタ（LBP）、複写機、ファクシミリ等の画像形成装置のトナー焼付け用ロールや現像用ロールは、小型軽量化の要請が強いことから、現状用いられている長さ 500 mm 以下に対応し得るものであればよい。特に後述する本発明の製造方法および製造装置では、こうした小型化の要求に十分に対応することができるものである。小型化するにつれて許容誤差が占める精度への関与は大きくなるが、本発明では、上記オーステナイト系ステンレス鋼の焼鈍材を用いることで、所定の寸法に切り出す（打ち抜く）際の、歪等を生じ難いため、打ち抜き寸法精度を極めて高いものとすることことができ、短筒に十分対応することができるものである。

【0159】

また本発明の金属箔チューブは、60 サイクル/m in 以上の繰り返しサイクルで 0.2 % 以下の歪を与える疲労試験において、 1×10^6 回以上、より好ましくは 2×10^6 回以上の耐久性を有することが望ましい。本発明では、下記に示す電子写真式プリンタ、レーザービームプリンタ（LBP）、複写機、ファクシミリ等の画像形成装置のトナー焼付け用ロールや現像用ロールなどに利用する場合、その疲労試験として、上記に規定する試験が一般になされるが、その場合の耐久性が、およそ 100 ないし 200 万回以上であれば、現在求められている部品の耐久性を十分に上回る極めて高い耐久性を具備し得るものである。金属箔チューブの疲労試験結果が 100 ないし 200 万回未満である場合には、既存の金属製薄肉チューブの耐久性を飛躍的に向上させることができない。ここでいう耐久性とは、表面性状にひび割れなどの異常がなく、また接合部にも接合剥離などの異常が認められない状態である場合を良好として、耐久性を有するものとし、逆に異常が認められた場合には耐久性を有しないものとする。ただし、本発明では、使用用途によっては金属箔チューブの疲労試験結果が 50 万回以上あれば十分に使用可能な場合がある。

【0160】

また、本発明の金属箔チューブの用途としては、特に制限されるべきものではなく、例えば、電子写真式プリンタ、レーザービームプリンタ（LBP）、複写機（コピー機）、ファクシミリなどの画像形成装置のトナー焼付け用ロールや現像用ロールなどに利用することができるが、これらに制限されるべきものではない。

【0161】

<金属箔チューブの製造装置>

次に、本実施形態の金属箔チューブの製造装置について説明する。図 1 (A) は金属箔チューブに成形する金属箔素板の平面図、図 1 (B) は溶接前の金属箔チューブの断面図、図 1 (C) は、接合部が直線状になるように溶接して得られた金属箔チューブの斜視図、図 1 (D) は、接合部がスパイラル状になるように溶接して得られた金属箔チューブの斜視図である。図 2 は本発明の実施形態に係る金属箔チューブ製造装置の概略側面図、図 3 は図 2 の平面図、図 4 は図 3 の 4-4 線に沿う断面図である。

【0162】

本実施形態で使用する金属箔素板 W は、図 1 (A) (B) に示すように、全体形状が矩形状であり、例えば、長さ S₁ が 1 m、幅 S₂ が 100 mm 程度であるが、板厚 t は、10 ~ 100 μm という極めて薄いものである。本実施形態では、この金属箔素板 W を断面円形に丸め、対向辺端部を重ね合せ、この重ね合わせ部 G に対し溶接を施し、金属箔チューブ P に成形する。この金属箔チューブ P は、例えば、コピー機の定着ロールをはじめ、種々の装置に適用できる。

【0163】

10

20

30

40

50

本実施形態に係る金属箔チューブ製造装置は、大別すれば、成形部10と溶接部30とを有している。成形部10は、矩形の金属箔素板Wを一挙に円筒状に丸めるのではなく、内型に相当する芯棒13の周囲に外型に相当する成形装置15により段階的に密着させ円筒状に成形し、溶接部30は、金属箔素板Wの対向辺端部の重ね合わせ部Gを溶接する。

【0164】

まず、成形部10について述べる。図2、3において、成形部10は、基台11に立設された支持部12に片持ち支持された円柱状の芯棒13と、芯棒13の下位に位置し、金属箔素板Wを保持すると共に芯棒13の外周面に巻き付ける成形装置15と、この金属箔素板Wを芯棒13に対して位置決めする位置決め部材16とを有している。

【0165】

芯棒13は、金属箔素板Wの長手方向長さS₁より多少長く、太さは、金属箔素板Wの幅方向の長さS₂が1周する程度であるが、この芯棒13に関しては、後に詳述する。

【0166】

成形装置15は、図4に示すように、位置決め部材16と、保持板17と、第1押圧部材18と、第2押圧部材19とを有している。位置決め部材16は略Wの中央と芯棒13の下面中央を位置決めする部材である。保持板17は、芯棒13の下位に位置し、芯棒13と常に平行状態を保って近接離間するように、基台11上に設けられたシリンダC₁と連結されている。この保持板17は、上面がフラットで、中央に芯棒13が嵌合し得る程度の半円形状の凹部20が形成され、この凹部20と芯棒13とを合体することにより金属箔素板Wを変形し、芯棒13の下面部分にU字状に巻き付けるようにしている。

10

20

【0167】

第1押圧部材18は、U字状に変形された金属箔素板Wの、芯棒13の側面に立設された状態の片を、芯棒13の外周に押圧し密着させるものである。この第1押圧部材18は、図4に示すように、保持板17上において芯棒13の左方に位置し、シリンダC₂により芯棒13の軸線に直交する方向で近接離間するようになっている。

【0168】

第2押圧部材19も、第1押圧部材18と同様な構成であり、芯棒13を中心前記第1押圧部材18と対称位置に設けられ、シリンダC₃により芯棒13に対し近接離間するよう作動し、U字状の金属箔素板Wの他片を芯棒13の外周に向かって押圧する。

30

【0169】

これら位置決め部材16、保持板17、第1押圧部材18及び第2押圧部材19の共働で、金属箔素板Wを芯棒13の外周面に巻き付け、芯棒13の上面で金属箔素板Wの対向辺端部、つまり幅方向の両端部が重ね合わせ部Gを形成する。

【0170】

なお、この成形装置15の保持板17上への金属箔素板Wの搬入は、例えば、負圧吸着手段などのような適当な搬送手段(図示せず)により行なわれる。

【0171】

前記位置決め部材16は、成形装置15の中央に形成された半円形状の凹部20に開設された通孔21を挿通するロッドで、芯棒13の下位で軸方向の基端部、中央部及び先端部に位置し、それぞれシリンダC₄により芯棒13の下面に近接離間するよう設けられている。

40

【0172】

位置決め部材16は、この近接時に芯棒13の下面に当接し、金属箔素板Wを押圧することにより当該金属箔素板Wを位置固定に保持する。位置決め部材16が作動するタイミングとしては、保持板17の上面に載置された金属箔素板Wが、保持板17の上動により押し上げられ、芯棒13に線接触した時点である。

【0173】

しかし、位置決め部材16により位置決めたとしても、芯棒13の下端から先端まで均一な幅の重ね合わせ部Gが形成されるとは限らない。したがって、本実施形態の成形部10では、重ね合わせ部Gの重ね代x(図1B参照)を調整するための重ね代調整手段2

50

2 (図5参照) が設けられている。ここに、図5は図4に要部拡大断面図である。

【0174】

重ね代調整手段22は、第2押圧部材19による押圧完了前に、対向辺相互の重ね合わせ部Gの重ね代xが所定値、例えば、0.1mm程度となるように、金属箔素板Wの円周の一部を半径(放射)方向に変位する。

【0175】

さらに具体的にいえば、重ね代調整手段22は、図5に示すように、芯棒13の内部に、少なくとも芯棒13の基端と先端に偏心装置(カムまたはローラなど)23を設け、この偏心装置(カムまたはローラなど)23を駆動装置(モータなど)M₁により駆動し、金属箔素板Wの円周の一部を半径方向に変位させるようにしたものである。

10

【0176】

この偏心装置(カムまたはローラなど)23の回転量は、制御部24からの信号で制御され、重ね代xが所定値となるようにしている。制御部24は、重ね合わせ部Gの重ね代xを検知する検知装置(CCDカメラなど)25と、これをモニターし、前記所定値と比較して制御量を決定する演算部26とを有している。

10

【0177】

なお、駆動装置(モータなど)M₁は、芯棒13の基端部に設け、基端、中央、先端等複数設けられた偏心装置(カムまたはローラなど)23を一括作動しても良いが、各偏心装置(カムまたはローラなど)23を個々独立に作動し、重ね代xを調整しても良い。

10

【0178】

ただし、本発明は、これのみに限定されるものではない。例えば、他の重ね代調整手段22としては、図5に一点鎖線で示すように、前記偏心装置(カムまたはローラなど)23を芯棒13の外部に設けてもよい。また、金属箔素板Wが芯棒13に密着していない非密着部分が生じるように芯棒13の周囲に設け、加圧部材により加圧し、金属箔素板Wの円周の一部を半径方向に変位してもよい。

20

【0179】

さらに、図6に略示するように、芯棒13に形成した凹部24に向かって芯棒13の外部に設けた加圧部材25で、金属箔素板Wの円周の一部が、図上破線で示すように、半径方向に変位するように加圧してもよい。これら加圧部材としては、カム、ロール、円筒体あるいは棒状部材のいずれでもよい。

30

【0180】

実験では、重ね代(x)は、前記板厚(t)として、 $x \leq 40 + 5t$ (単位は μm である。)を満足するのが望ましいことが判明している。

【0181】

次に、溶接部30について述べる。本実施形態における溶接は、抵抗溶接法である。きわめて薄い金属箔素板Wを溶接するので、制御しやすい溶接方法でなければならないからである。特に、抵抗溶接法の内、シーム溶接法が好ましく、より好ましくは、マッシュシーム溶接である。この溶接を使用すると、溶接部分と他の部分との間の硬度差が少なく好ましい結果が得られた。なお、レーザー溶接またはプラズマ溶接などを使用すれば、硬度差が30%以上となり、実用的でないことが判明している。

40

【0182】

図6は本実施形態の溶接状態を示す拡大断面図である。溶接部30は、図6に示すように、芯棒13の外面に軸方向に沿って設けられた導電性の固定電極部材31と、固定電極部材31に対向して設けられた導電性の可動電極部材32とから構成され、両電極部材間に金属箔素板Wの重ね合わせ部Gを挟持して溶接する。

【0183】

固定電極部材31は、芯棒13の外面に軸方向に沿って形成された溝33内に設けられた導電性のものである。一方、可動電極部材32は、重ね合わせ部Gを加圧しつつ回転移動する導電性の電極輪(符号「32」を使用)である。

【0184】

50

この固定電極部材31は、芯棒13の頂部に設けられた溝33内に設けられた銅材により構成されているが、この上を電極輪32が転動しつつ溶接を行なうので、固定電極部材31の上面は、全体的に平坦面に形成されていることが好ましい。このため、固定電極部材31としては、例えば、扁平化銅ワイヤを使用されている。ただし、上面全体が平坦面である必要はなく、一部が平坦面であってもよい。一方、電極輪32も固定電極部材31の上面が平坦面であれば、外周面は平坦面とすることが好ましいが、固定電極部材31の上面が円弧面であれば、外周面は中凹状のもの、つまり太鼓状をしたもののが好ましい。この場合の曲率半径は、固定電極部材31の円弧状の面の曲率半径より大きいことが好ましい。

【0185】

電極輪32は、図4に示すように、導電性のフランジ状回転部材34を介して電源供給部材35と接続されているが、電源供給部材35は非導電性のプラケット36に支持されている。このプラケット36は、シリンダC₅により昇降可能に連結されている。シリンダC₅は、移動ブロック37に取り付けられているが、この移動ブロック37は、一対のガイド棒38(図3参照)により摺動可能に支持され、中央を挿通するように設けられたねじ軸39により芯棒13の軸線に沿って移動するようになっている。ねじ軸39は、支持台40、41上に設けられた軸受部42により支持され、カップリング43を介して連結された駆動装置(モータなど)M₂により回転される。つまり、電極輪32は、シリンダC₅により昇降しつつねじ軸39及び駆動装置(モータなど)M₂により芯棒13の基端から先端まで移動するようになっている。

【0186】

各電極部材31、32の硬度は、片当たりや偏摩耗を防止し、長期にわたり確実な溶接ができるように、金属箔素板Wの硬度とほぼ同じにすることが好ましい。ビッカース硬さHVで言えば、180以下であれば、電極の傷みが少ないことが実験で判明している。高温強度やクリープ強度を高めるために、固定電極部材31及び可動電極部材33を、それぞれ少なくともその一部がモリブデンまたはアルミナ分散銅合金により構成してもよい。

【0187】

本実施形態では、10～100μmというきわめて薄い金属箔素板Wの0.1mmという小さな重ね代xの重ね合わせ部Gを溶接するので、その電流値及び送り速度が問題であるが、実験では、電流値は、700～1500アンペア程度、電圧0.5～2.0ボルト、送り速度0.3～1.5m/分程度が最も良好な結果が得られた。

【0188】

ただし、電流を流すと溶接部30は加熱され、長時間にわたって溶接作業をすると、この熱により薄い金属箔素板Wが変形し、良好な溶接が不可能となる虞があり、また、比較的長尺な芯棒13の外周面に金属箔素板Wを巻回し、金属箔チューブPを成形するので、この金属箔チューブPの剥離あるいは取り出しも問題である。

【0189】

そこで、本実施形態では、この冷却問題と取り出しの問題を一挙に解決する手段として、前記芯棒13自体に種々の対策を施している。

【0190】

まず、芯棒13は、金属箔素板Wを断面円形に成形する型材としても機能するものであるために、全体的には断面形状が円形であるが、図6に示すように、中心部分には、断面Y字状をした通常の機械構造用炭素鋼からなる芯部13aが設けられ、この芯部13a上には、前記固定電極部材31を保持する強度的に優れたクロム鋼からなる電極支持部13bが取り付けられ、芯部13aの側部には全体を断面円形に仕上げる側板部13cが設けられている。

【0191】

このようにすることにより固定電極部材31が摩耗しても交換しやすく、全体を断面円形に成形する場合の成形も容易となる。

【0192】

10

20

30

40

50

また、芯棒13の内部には、図6、7に示すように、流体通路45が形成されている。流体通路40は、芯棒13の軸線に沿って中心部分に形成された中心通路45aと、中心通路40aから半径方向に形成された分岐通路45bとから構成されている。なお、図7は芯棒の軸線に沿う概略断面図である。

【0193】

流体通路45には、芯棒13の端部にロータリジョイント46(図2参照)を介して連結された配管47から空気を導入し、この空気により芯棒13を冷却するとともに、分岐通路45bから空気を噴出し、これにより金属箔チューブPを芯棒13の表面から浮き上がらせて取り外し易くしている。

【0194】

空気を使用すれば、作業性も良く清潔な作業環境となる効果もあるが、これのみに限定されるものではなく、他の流体、例えば、水あるいは切削油等も使用することも可能である。

【0195】

さらに、芯棒13から金属箔チューブPを取り外し易くするには、芯棒13の外周面に軸線方向に伸延するように形成された切り欠き部R(図6参照)を設けても良い。金属箔素板Wと芯棒13との密着面積が低減し、一層金属箔チューブPの取り外しが容易となる。

【0196】

この取り外しに関しては、芯棒13自体を複数の部材により構成し、金属箔チューブPの成形後、これを分解するようにしても良い。図8は芯棒の他の例を示す軸線に沿う概略断面図である。例えば、図8に示すように、芯棒13を軸線と交差するテーパ面50で2つの芯棒部材13d、13eに分割し、金属箔チューブ成形後に、一方の芯棒部材13eを他方の芯棒部材13dに対し軸方向にスライドし、金属箔チューブPを芯棒13から剥離してもよい。ただし、このような分割した芯棒13を用いて取り外す場合は、芯棒13は、両端で支持し、一方を軸方向に移動可能に構成することが好ましい。

【0197】

上記実施形態により得られた、金属箔チューブは、図1(C)に示すように、重ね合わせ部Gが直線状に溶接された接合部を有する金属箔チューブを得ることができる。ただし、本発明では、これらに制限されるべきものではなく、例えば、図1(D)に示すように、重ね合わせ部G'がスパイラル状に溶接された接合部を有する金属箔チューブを得ることもできる。この場合には、例えば、適当な厚さの金属箔を適当な幅にスリットし、これを銅合金製の電極棒の周りにスパイラル状に巻きつける。この際、箔と箔の重ね代xを検出装置を用いて0.1mm程度に調整する。さらに該電極棒を回転させながら左右に摺動させ、該重ね合わせ部の上をもうひとつの銅合金製などの電極ローラーが転動しながら前記の電極棒との間に通電して、電気抵抗溶接(好ましくはシーム溶接、より好ましくはマッシュシーム溶接)を行えばよい。その後、このチューブを適用な長さに切断し、必要に応じて接合部付近の内外面を研磨して、所望の金属箔チューブを得ることができるものである。

【0198】

また、前記金属箔素板の板厚対金属箔チューブ内直径の比は、1/300以下、好ましくは1/500以下であるのが望ましい。なお、ここでいう金属箔素板の板厚および金属箔チューブ内直径は、許容範囲誤差があることから、複数箇所(例えば、5~10箇所程度)の平均値を用いるものとする。

【0199】

なお、前記の電極棒との間に通電して、シーム溶接を行う場合においては、その溶接部は、溶接線に沿って連続的なナゲット(溶融凝固した部分)、または溶接線に沿って50%以上の部分に断続的なナゲットが存在することによって溶接部の強度を安定的に高くすることができる。即ち、シーム溶接においては、一旦ナゲットが生成されると円盤状の電極(図6の符号32参照)が回転進行しても電流の多くが電気抵抗の小さいナゲット部分

に流れ（無効電流）、新たに接合すべき界面には電気抵抗が大きいため少量の電流しか流れない。このためこの部分は溶融温度にまで達せずに圧接状態になる。一旦圧接部分ができるとここも電気抵抗が小さくなるため、ナゲットと同様にその先でのナゲットの生成を妨げる。このような悪循環を避けるために、本発明者らはパルス電源を用いてシーム溶接を行ない、短い通電時間の次に比較的長い非通電時間を設けてこのサイクルを繰り返すことにより連続ナゲットを得ることに成功した。この際の最適な通電時間と非通電時間の比は、 $1/12 \sim 1/8$ であり、 $1/12$ 未満または $1/8$ 超～ $1/6$ では断続的なナゲットが生成される。また、本発明者らの実験によれば、断続ナゲットになっても溶接線の50%以上をナゲットがカバーすれば強度的には問題ないことが判明したことから、パルス電源を用い、通電時間と非通電時間の比を $1/15 \sim 1/7$ に設定してシーム溶接することが望ましい。これにより、溶接長の50%以上をカバーするナゲットを得ることができるものである。

【0200】

同様に、パルス電源を用いてマッシュシーム溶接を行う場合にも、上記のように溶接部の強度をより安定的に高くする上で最適な通電時間と非通電時間の比が存在することを見出したものである。即ち、マッシュシーム溶接では、パルス電源を用い、通電時間と非通電時間の比を $1/3 \sim 1/1$ に設定して溶接を行うのが望ましい。

【0201】

<金属箔チューブの製造方法>

このように構成された金属箔チューブの製造装置の作用とともに金属箔チューブの製造方法について説明する。

【0202】

<成形工程>

板厚が $10 \sim 100 \mu m$ の金属箔素板Wは、負圧吸着手段などの搬送手段により成形装置15の保持板17上に載置される。金属箔素板Wは、図示しないガイド部材により保持され、その中心線が芯棒13の中心軸線、保持板17に形成された凹部20の中心線と一致するようにセットされる。

【0203】

この状態から保持板17がシリンダC₁により上昇を開始するが、保持板17は、芯棒13と常に平行な位置を保っている。したがって、金属箔素板Wが芯棒13に接した時点では、芯棒13を中心として金属箔素板Wはほぼ同じ幅になっている。金属箔素板Wが芯棒13に接すると、位置決め部材16が作動する。

【0204】

位置決め部材16は、シリンダC₄によりロッドが作動し、下方から芯棒13の中央に当接し、芯棒13とロッド先端との間で金属箔素板Wを挟持する。この挟持は、芯棒13の基端、中央、先端で行なわれる所以、金属箔素板Wの全長で芯棒13と接することになる。これにより金属箔素板Wは、その幅方向ほぼ中央で位置決めされることになる。

【0205】

この位置決め後、さらにシリンダC₁を作動すると、保持板17は上昇し、保持板17の凹部20内に芯棒13が入り始める。この結果、金属箔素板Wは、次第にU字状に変形される。そして、芯棒13が凹部20内に入ると、金属箔素板Wは、芯棒13の下半分の外周面に巻き付いた部分と、側面より立設された状態の一対の片に変形される。

【0206】

この一方の片に向かって第1押圧部材18がシリンダC₃の作動により突出される。この突出は、その先端の円弧面部分18aが芯棒13の外周に接するまで行なわれ、この円弧面部分18aで芯棒13の外周面に金属箔素板Wの一片を押し付け密着させる。

【0207】

次に、第2押圧部材19も同様にシリンダC₃により作動され、先端の円弧面部分19aが芯棒13の外周に接するまで金属箔素板Wの他片を押圧するが、この押圧は最終段階の手前で停止し、金属箔素板Wが芯棒13に完全に密着しない状態とする。

【0208】

つまり、金属箔素板Wは芯棒13の周囲に巻き付けられ、芯棒13の頂部において一組の対向辺端部が重ね合わされた重ね合わせ部Gを形成するが、前記他片は完全に位置固定された状態ではなく、変位可能な状態とする。

【0209】

この変位可能な状態で重ね合わせ部Gの重ね代xを調整する。この調整は、制御部24の検知装置(CCDカメラなど)25が重ね代x量を検知し、これを演算部26で所定値と比較し、正常かどうか判断し、正常でない場合は、駆動装置(モータなど)M₁を駆動して偏心装置(カムまたはローラなど)23を回転し、金属箔素板Wを半径(放射)方向に変位させる。

10

【0210】

重ね合わせ部Gにおける重ね代(x)が、前記板厚(t)として、 $x \leq 40 + 5t$ (単位は μm である)を満足するようになると、重ね代xの調整は完了する。この状態で、第2押圧部材19がシリンドC₃により作動し、金属箔素板Wの他片を芯棒13に完全に密着押圧する。これにより金属箔素板Wが位置固定的に芯棒13に保持された状態になる。

【0211】

<溶接工程>

金属箔素板Wの保持が完了すると、重ね合わせ部Gの位置は、第1押圧部材18の先端と第2押圧部材19の先端との間であって、固定電極部材31の直上であり、電極輪32は、この第1押圧部材18と第2押圧部材19との間で昇降可能であるため、溶接を開始できる。

20

【0212】

この溶接の開始時点で、電極輪32を芯棒13の基端に位置しておき、全体を溶接すれば、精度の良い溶接が可能となる。

【0213】

溶接は、まず、シリンドC₅の作動から行なわれる。シリンドC₅が作動すると、そのピストンロッドが下降し、プラケット36、電源供給部材35、フランジ状回転部材34を介して電極輪32が下降する。電極輪32は、第1押圧部材18の先端と第2押圧部材19の先端との間に入り込み、固定電極部材31との間で重ね合わせ部Gを挟持する。

30

【0214】

この挟持とともに固定電極部材31と電極輪32との間で通電すると、重ね合わせ部Gがウェルドし、相互に溶接されるが、同時に駆動装置(モータなど)M₂も動作し、ねじ軸39が回転し、移動ブロック37が移動を開始する。これにより電極輪32が重ね合わせ部G上を0.3~1.5m/分程度で移動し、金属箔素板Wの端部まで溶接する。

【0215】

また、場合によっては、電極輪32を芯棒13の先端に位置しておき、溶接しながら金属箔チューブPを引き出すようにしても良い。このようにすれば、迅速で作業性の良い溶接が可能となる。

40

【0216】

<仕上げ工程>

溶接が完了すると、この溶接した部分を平滑に仕上げる。この仕上げは、砥石による研磨あるいはラッピング、ローラバニッシングによる押しつぶし等により金属箔チューブPの表面が平滑な面となるまで行なわれるが、公知に属するため説明は省略する。

【0217】

そして、芯棒13から金属箔チューブPの取り外しが行なわれる。この取り外しは、芯棒13の端部から空気を流体通路45に供給し、芯棒13の軸線に沿った中心通路45aから分岐通路45bを通って半径方向に空気を噴出することにより芯棒13から金属箔チューブPを剥離する。僅かでも芯棒13と金属箔チューブPとの間に空気が流れるとき、金属箔チューブPは芯棒13から容易に取り外すことができる。ただし、この取り外し後に、前記仕上げを行なっても良い。

50

【0218】

上述した実施形態では、固定電極部材上を可動電極部材が走行するか金属箔チューブPを移動させるものであるが、本発明は、これのみでなく両電極部材が相対的に移動する場合あるいは両電極部材と金属箔チューブPが相対的に移動する場合であっても良い。

【0219】

以上の溶接方法により得られてなる溶接金属箔チューブは、そのまま本発明の溶接金属箔チューブとして各種用途に幅広く利用することができるものであるが、さらに、必要に応じて、上記溶接方法により得られる溶接金属箔チューブに芯金を入れ、さらにスエジング、分割ローラー圧延法、穴ダイス法（引き抜き法）、へら絞り法またはこれらの方法の組み合わせにより冷間加工を施して減肉させ、当該溶接部を滑らかにして溶接部の形状と表面粗さを整え、材質を加工硬化させてもよい。

【0220】

上記金属箔チューブの溶接部の加工法としては、上記したようなスエジング、分割ローラー圧延法、穴ダイス法、へら絞り法またはこれらの方法の組み合わせによる冷間加工を行なうことができる。これらのスエジング、分割ローラー圧延法、穴ダイス法およびへら絞り法に関しては、既存の冷間加工技術であるため、ここでの加工法の説明は省略する。

【0221】

本発明では、溶接金属箔チューブの溶接部が対象となるため、そのままでは取り扱いにくいため、該金属箔チューブ内に予め芯金を入れて冷間加工（主に塑性加工）に適用できるようにした状態で、それぞれの加工を行えばよいといえる。

【0222】

上記芯金としては、例えばS45Cの焼き入れした硬度の高い材料で、最初は溶接チューブの内径に合った外径のものを用い、加工によってチューブの内径が変化した場合は隨時芯金の外径もこれにあったものに付け替えるのが望ましい。

【0223】

またスエジングでは、溶接チューブに上記の芯金を挿入したうえ、チューブの外側に配置された3～4個の工具でチューブ表面を叩きながらチューブの肉厚を薄くしてゆく。

【0224】

分割ローラー圧延法は、溶接チューブに上記の芯金を挿入したうえ、チューブの外側に配置された複数の小径ローラーをさらに別の治具またはバックアップロールで押し付け、チューブと複数ローラーを相対的に回転させながらチューブの肉厚を薄くしてゆく。

【0225】

穴ダイス法は、円錐状の穴（ダイス）にやや太い材料（ここでは、芯金を入れた溶接箔チューブ）を通して絞る方法であり、適当な潤滑剤を使えばチューブの径を変えずに肉厚を薄くしてゆくことができる。

【0226】

へら絞り法では、芯金を入れた溶接箔チューブを回転させながら単数または複数のへらを押し付けて肉厚を薄くしてゆく。

【0227】

これらの冷間加工では、チューブが仕上げ寸法に近づいた場合は加工する工具やローラーの表面あらさを十分に小さなものにすることにより、溶接部の形状が均一な厚みでかつ滑らかにすることができる。本発明では、JIS B0601-2001（最大高さ粗さ）で規定される表面粗さ R_z が $2.0\text{ }\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $0.1\sim1\text{ }\mu\text{m}$ となるまで上記冷間加工を施して減肉させ、当該溶接部を滑らかに整えるのが望ましい。

【0228】

また、上記冷間加工を施して減肉させ、材質を加工硬化させることで、材質のビッカース硬さ（Hv）が $300\sim600$ ポイント、好ましくは $400\sim600$ ポイント、より好ましくは $450\sim550$ ポイントとなるようにするのが望ましい。これにより、上述したように、耐久性、耐磨耗性に優れ、高サイクル疲労寿命を長くする上で有効な硬度を有する溶接金属箔チューブを提供することができる。なお、ここでいう材質のビッカース硬さ

10

20

30

40

50

とは、母材部および溶接部の双方の硬さを含むものである。

【0229】

さらに、本発明の金属箔チューブの製造方法においては、ステンレス鋼をシーム溶接する場合に、ステンレスの表面不動態化皮膜が強固であるため、これらを完全に打ち破って強固な金属結合を溶接線の全長にわたって得るためにには、電流、電圧、溶接速度、通電比率などを仔細に検討して、かなり狭い溶接条件の範囲内での溶接が必要になる。特に重ねた2枚の箔を完全に潰して1枚の厚さにするマッシュシーム溶接の場合は、箔の端面が埋め込まれた部分への通電密度が低い。このためこの部分の接合強度が不充分で、繰り返し加工を受けた場合は接合線にそって開口する場合がある。この問題を解決するために本発明者らは二つの方法が有効であることを知見した。そのひとつはステンレス箔を抵抗溶接等により接合又は更に成形加工した箔チューブを熱処理して接合線を拡散接合させて強度を補強することである。この場合熱処理は真空熱処理や不活性雰囲気中で行なうのが良い。熱処理温度は800～1100℃が適当である。ステンレスがフェライト系やマルテンサイト系の場合は低めの温度でよく、オーステナイト系の場合は高めの温度が必要である。さりながら800℃未満では拡散接合が充分に行なわれず、また1100℃超では熱処理中に変形が大きく、結晶粒も粗大化するので好ましくない。また熱処理によって溶接部周辺の熱応力が開放されて、溶接部周辺に往々にして見られるゴワゴワ感がなくなる効果もある。さらに熱処理後に上記の硬質めっきをすると溶接部の小さな凹凸も隠されて、溶接部の位置が判らなくなるほどである。上記の硬質めっきする金属としては、クロム、ニッケル、コバルト、パラジウムなどの金属を主体とするものが可能で、これらを硬化させるためにPなどの添加物を若干量加えることも有効である。Ni-P系合金のめっきの場合は、Pの濃度としては1～14%が望ましい。その理由は1%未満では硬化の効果が薄く、14%超ではめっき層が脆くて、割れを生じ易くなるためである。めっき方法としては無電解めっきや電気めっきが可能であるが、管の内側をめっきするには無電解めっきが都合がよい。

【0230】

第二の方法は、溶接前の金属箔にあらかじめAu、Ag、Cu、Ni等の第10～11族元素又はこれらの元素を含む合金（例えば、Ni-P系合金等）、或いは、Alなどの金属箔の融点よりも低い融点の金属（合金を含む）、好ましくは融点が1200℃以下の金属（合金を含む）をめっきしておき、これを抵抗溶接して金属箔チューブを得る方法である。この方法では接合線の部分はステンレス等の金属箔の融点に達してなくとも、めっき層の融点以上になればめっき層が溶けて、ステンレス等の金属箔表面の不動態化皮膜などを伴い大部分が接合線に沿って接合部の外へ押し出される。したがって溶接線に沿って完全な金属結合が得られる。さらに箔の端面が埋め込まれた部分では小さな溝が生じることがあるが、ここをもめっきされた溶融金属が埋めて接合部にノッチが生じない等の利点がある。

【0231】

さらに、本発明の金属箔チューブの製造方法では、金属箔チューブの溶接により、当該溶接部には溶接線に沿って連続的なナゲット（溶融凝固した部分）、または溶接線に沿って50%以上の部分に断続的なナゲットが存在することが望ましい。これは、シーム溶接などの溶接部は、溶接線に沿って連続的なナゲット（溶融凝固した部分）、または溶接線に沿って50%以上の部分に断続的なナゲットが存在することによって溶接部の強度を安定的に高くすることができるためである。

【0232】

また、シーム溶接においては、一旦ナゲットが生成されると円盤状の電極（図6の符号32参照）が回転進行しても電流の多くが電気抵抗の小さいナゲット部分に流れ（無効電流）、新たに接合すべき界面には電気抵抗が大きいため少量の電流しか流れない。このためこの部分は溶融温度にまで達せずに圧接状態になる。一旦圧接部分ができるとここも電気抵抗が小さくなるため、ナゲットと同様にその先でのナゲットの生成を妨げる。このような悪循環を避けるために、本発明者らはパルス電源を用いてシーム溶接を行ない、短い

通電時間の次に比較的長い非通電時間を設けてこのサイクルを繰り返すことにより連続ナゲットを得ることに成功した。この際の最適な通電時間と非通電時間の比は、 $1/1.2 \sim 1/8$ であり。 $1/1.2$ 未満または $1/8$ 超~ $1/6$ では断続的なナゲットが生成される。本発明者らの実験によれば、断続ナゲットになっても溶接線の50%以上をナゲットがカバーすれば強度的には問題ないことが判明した。溶接長の50%以上をカバーするナゲットを得るには、通電時間と非通電時間の比を $1/1.5 \sim 1/7$ にする必要がある。以上のことから、本発明の金属箔チューブの製造方法では、パルス電源を用い、通電時間と非通電時間の比を $1/1.5 \sim 1/7$ に設定してシーム溶接することが望ましいといえる。

【0233】

さらに、本発明者らはパルス電源を用いてマッシュシーム溶接を行う場合にも、溶接部の強度をより安定的に高くする上で、最適な通電時間と非通電時間の比が存在することを見出したものである。即ち、本発明の金属箔チューブの製造方法では、パルス電源を用い、通電時間と非通電時間の比を $1/3 \sim 1/1$ に設定してマッシュシーム溶接することが望ましいといえる。

【実施例】

【0234】

本発明の効果を、以下の実施例および比較例を用いて説明する。ただし、本発明の技術的範囲が以下の実施例に限定されるものではない。なお、特に単位を示さない寸法単位は、「mm」単位とする。

【0235】

実施例1

圧延ロール表面粗さを適正に制御して、SUS410L (11Cr-0.02C) のステンレス鋼を、箔の表面粗さRzが $1.5\mu m$ 及び $0.8\mu m$ になるようにそれぞれ $40\mu m$ の厚さに圧延し、圧延のままの材料を $94.3L \times 250W$ に切断した。この2種の表面粗さを有する箔を各々 30ϕ の銅合金の治具に巻き付け $100\mu m$ の重ね代の部分をマッシュシーム溶接により接合した。この際、両方（表面粗さRzが $1.5\mu m$ のチューブと、表面粗さRzが $0.8\mu m$ のチューブ）の接合部周辺を切り出し、埋め込み研磨して、母材部の硬度がHvで270前後であり、接合部の硬度がHvで230前後であることをそれぞれ確認した。両者の研磨試料をエッティングして金属組織を調べた結果、両者共に接合部には溶融凝固相ではなく、接合面は固相接合状態でここに低炭素マルテンサイト相がみられた。なお接合部の厚さは両方とも $55\mu m$ であった。この両方のチューブ（図1(C) 参照のこと）を各々 $50mm$ の長さに切断し接合部周辺の内外面を研磨して、両方とも接合部の厚さを $42\mu m$ 程度にした。両者とも固めのスポンジ円筒を差込み、これを $120\phi \times 80L$ の鋼製ローラーの表面に押し付けながら回転させて疲労寿命を調べた。この際の試験チューブ回転速度は $120 rpm$ で、鋼製ローラーに最も押し付けられた状態で、試験チューブは約 $4mm$ 潰される状態であった。このときの試験チューブ表面に加わる歪は 0.17% であった。試験の結果、両方のチューブ（表面粗さRzが $1.5\mu m$ のチューブと、表面粗さRzが $0.8\mu m$ のチューブ）とも 100 万回以上の回転をした後も試験チューブに異常は見られなかった。

【0236】

実施例2

表面粗さRzが $1.0\mu m$ 及び $0.5\mu m$ のSUS316L (16Cr-12Ni-2Mo) の $30\mu m$ の厚さの焼鈍箔をそれぞれ $60mm$ の幅にスリットし、これを前記の 30ϕ の銅合金製の電極棒の周りにスパイラル状に巻きつけた。この際も、表面粗さRzが $1.0\mu m$ のものと、表面粗さRzが $0.5\mu m$ ものの両方につき、箔と箔の重なり代を $100\mu m$ になるようにそれぞれ調整した。さらに該電極棒を回転させながら左右に摺動させ、該重ね合わせ部の上をもうひとつ銅合金電極ローラーが転動しながら前記の電極棒との間に通電して、マッシュシーム溶接を行った。実施例1と同様にして両方の接合部周辺の硬度を調べた結果、両方とも母材部でHv200前後、接合部で245前後であった。また金属組織を調べ、両者共に溶融凝固相のないことを確認した。さらにこの両方の

10

20

30

40

50

チューブ（図1（D）参照のこと）を各々50mmの長さに切断し、接合部付近の内外面を研磨して、実施例1と同じやり方で疲労試験を行った。

【0237】

なお試験で試験チューブ表面に加わる歪は0.13%であった。その結果、この両方のチューブ（表面粗さR_zが1.0μmのチューブと、表面粗さR_zが0.5μmのチューブ）とも100万回以上の疲労試験に耐えた。

【0238】

実施例3

表面粗さR_zが0.3μm及び0.8μmのSUS304（18Cr-8Ni）の50μm厚さの完全焼鈍箔を用いて、実施例1と同様な方法で2種の箔チューブを作成した。なおこのステンレス箔はAr-H₂雰囲気中で焼鈍され、表面の窒素濃度は1.2%であった。両方（表面粗さR_zが0.3μmのチューブと、表面粗さR_zが0.8μmのチューブ）とも接合部の厚さは75μmであったのを、内外面の研磨により60μmにした。この場合の母材部の硬さは両方共にHVで178前後で、接合部はHVで220前後であった。実施例1と同様にして疲労試験を行った結果、この両方のチューブ（表面粗さR_zが0.3μmのチューブと、表面粗さR_zが0.8μmのチューブ）とも100万回以上の疲労試験に耐えた。

【0239】

実施例4

表面粗さR_zが0.34μmのSUS304（18Cr-8Ni）の50μm厚さの完全焼鈍箔を用いて、実施例1と同様な方法で箔チューブを作成した。なおこのステンレス箔はアンモニア分解ガス中で焼鈍され、表面の窒素濃度は4.4%であった。接合部の厚さは77μmであったのを、内外面の研磨により60μmにした。この場合の母材部の硬さはHVで190前後で、接合部はHVで230前後であった。実施例1と同様にして疲労試験を行った結果、このチューブは50万回の時点で母材の表面に微細なクラックが生じたため疲労試験を中止したが、使用用途によっては50万回までの耐久性を備えるものであり、用途によっては十分に使用可能である。

【0240】

実施例5

表面粗さR_zが0.5μmのSUS304（18Cr-8Ni）の50μm厚さのハード材を用いて、実施例1と同様な方法で箔チューブを作成した。接合部の厚さは90μmであったのを、内外面の研磨により60μmにした。この場合の母材部の硬さはHVで410前後で、接合部はHVで230前後であり、接合部と母材部の硬度差は母材硬度の43%であった。実施例1と同様にして疲労試験を行った結果、このチューブは50万回の時点で接合部と母材の境界部にクラックが生じて破断した。この場合も使用用途によっては50万回までの耐久性を備えるものであり、用途によっては十分に使用可能である。

【0241】

実施例6

表面粗さR_zが0.7μmのSUS420J1（13Cr-0.18C）の20μm厚さの圧延ままの箔を用いて、実施例1と同様な方法で箔チューブを作成した。接合部の厚さは32μmであったのを、内外面の研磨により23μmにした。この場合の母材部の硬さはHVで340前後で、接合部はHVで315前後であった。実施例1と同様にして疲労試験を行った結果、このチューブは200万回以上の疲労試験に耐えた。

【0242】

実施例7

表面粗さR_zが0.9μmのSUS630（17Cr-4Ni-4Cu-0.2Nb-0.1Ta）の20μm厚さの圧延ままの箔を用いて、実施例1と同様な方法で箔チューブを作成した。接合部の厚さは35μmであったのを、内外面の研磨により26μmにした。その後真空熱処理炉で1040℃に加熱した後冷却過程で480℃で1時間均熱して析出硬化させた。この場合の母材部と溶接部の硬さはほぼ同じで、HVで380前後であ

10

20

30

40

50

った。実施例1と同様にして疲労試験を行った結果、このチューブは200万回以上の疲労試験に耐えた。

【0243】

実施例8

表面粗さ R_z が $0.85\mu m$ のYUS170（新日鐵規格：24Cr-12Ni-0.7Mo-0.35N）の $25\mu m$ 厚さの圧延ままの箔を用いて、実施例1と同様な方法で箔チューブを作成した。接合部の厚さは $30\mu m$ であったのを、内外面の研磨により $22\mu m$ にした。この場合の母材部の硬さはHVで290前後で、接合部はHVで220前後であった。実施例1と同様にして疲労試験を行った結果、このチューブは100万回以上の疲労試験に耐えた。

【0244】

比較例1

実施例1～8において、それぞれのステンレス鋼箔を電気抵抗溶接（マッシュシーム溶接）に代えてレーザー溶接で接合した以外は、実施例1～8と同様にして、各ステンレス鋼箔材料について箔チューブを作成して疲労試験を行ったが、いずれの場合にも10万～30万回で接合部と母材の境界部にクラックが生じて破断した。

【0245】

比較例2

実施例1～8において、それぞれのステンレス鋼箔を電気抵抗溶接（マッシュシーム溶接）に代えてプラズマ溶接で接合した以外は、実施例1～8と同様にして、各ステンレス鋼箔材料について箔チューブを作成して疲労試験を行ったが、いずれの場合にも10万～30万回で接合部と母材の境界部にクラックが生じて破断した。

【0246】

実施例9

Ar-H₂雰囲気中で焼鈍された表面粗さ R_z が $0.9\mu m$ のSUS304の厚さ $60\mu m$ の完全焼鈍箔（表面の窒素濃度は1.2%であった）を用い、実施例1と同様な方法で $24 \sim 30\text{ mm} \phi \times 250\text{ mm L}$ のチューブをマッシュシーム溶接法により7本作製した。その後、これらのうち6本に関しては、さらに該チューブに焼き入れされたS45C製の芯金を入れ、スエジング、分割ローラー圧延法、穴ダイス法、へら絞り法またはこれらの方法の組み合わせにより冷間加工を施して減肉させ、溶接部を滑らかにして溶接部の形状と表面粗さを整え、同時に材質を加工硬化させることにより、それぞれ $30\mu m$ 前後の厚さの箔チューブを得た。これらの箔チューブの冷間加工前後（即ち、未加工品および加工品）の寸法、材質、疲労寿命等を測定し、結果を表1にまとめた。

【0247】

【表1】

加工法	(1)溶接のまま	(2)スエジング	(3)3分割ローラー圧延法	(4)穴ダイス法	(5)へら絞り法	(2)+(3)	(5)+(4)
寸法、材質等							
チューブ厚 (μm)	60	28	32	34	30	29	30
硬さ (HV)	220	467	423	396	448	454	445
溶接部の表面粗さ Ra (μm)	0.62	0.33	0.18	0.12	0.29	0.19	0.12
溶接部の表面粗さ Rz (μm)	5.22	1.96	1.36	0.99	1.91	1.58	0.91
疲労寿命 (hr)	456	818	732	701	763	774	753

【0248】

上記表1のチューブ厚は、非接合部（母材部）の厚さを示す。

【0249】

上記表1の硬さは、母材部のビッカース硬さを示す。

10

20

30

40

50

【0250】

上記表1の溶接部の表面粗さR_aは、(J I S B 0 6 0 1 2 0 0 1 算術平均粗さ)により測定したものである。

【0251】

上記表1の溶接部の表面粗さR_zは、金属箔のJ I S B 0 6 0 1 - 2 0 0 1 (最大高さ粗さ)により測定したものである。

【0252】

上記表1の疲労寿命は、実施例1と同様に、各箔チューブに固めのスポンジ円筒を差込み、これを120mmφ×80mmLの鋼製ローラーの表面に押し付けながら回転させて疲労寿命を調べた。この際の試験チューブ回転速度は360rpmで、鋼製ローラーに最も押し付けられた状態で、試験チューブは約4mm潰される状態であった。このときの試験チューブ表面に加わる歪は、順に0.34、0.16、0.18、0.19、0.17、0.16、及び0.17%であった。試験は、箔チューブにクラック等の異常が確認されるまで行い、この間の稼動時間(hr)を疲労寿命とした。

10

【0253】

上記表1の各冷間加工条件は下記の通りとした。

【0254】

(2) スエジング；26mmφの溶接チューブから出発し、他は前記のとおり。

【0255】

(3) 3分割ローラー圧延法；24mmφの溶接チューブから出発し、他は前記のとおり。

20

【0256】

(4) 穴ダイス法；30mmφの溶接チューブから出発し、他は前記のとおり。

【0257】

(5) へら絞り法；24mmφの溶接チューブから出発し、他は前記のとおり。

【0258】

(2)+(3)；24mmφの溶接チューブから出発し、他は前記のとおり。

【0259】

(5)+(4)；26mmφの溶接チューブから出発し、他は前記のとおり。

【0260】

30

実施例10

A r - H₂ 雾囲気中で焼鈍された表面粗さR_zが1.2μmのSUS301、SUS201、SUS316N、YUS170(24Cr-12Ni-0.3N)の厚さ25μmの完全焼鈍箔(表面の窒素濃度は1.7~2.4%であった)を用い、実施例1と同様な方法で30mmφ×250mmLのチューブをマッシュシーム溶接法により作製した。その後これらのチューブを実施例9と同様のスエジング+分割ローラー圧延法(上記(2)+(3)の冷間加工)で25μm前後の厚さの箔チューブを得た。これらの箔チューブの冷間加工前後の寸法、材質、疲労寿命等を表2にまとめた。

【0261】

【表2】

材質 材質等	SUS301		SUS201		SUS316N		YUS170	
	溶接 まま	加工 後	溶接 まま	加工 後	溶接 まま	加工 後	溶接 まま	加工 後
チューブ厚 (μm)	50	27	50	25	50	24	50	25
硬さ (Hv)	251	608	235	512	198	497	211	511
溶接部の表面粗さ Ra (μm)	0.42	0.29	0.51	0.18	0.55	0.17	0.45	0.20
溶接部の表面粗さ Rz (μm)	3.45	1.96	2.73	1.32	3.72	1.45	2.57	1.42
疲労寿命 (hr)	328	857	228	723	208	785	325	817

【0262】

なお、表2のチューブ厚 (μm)、硬さ (Hv)、溶接部の表面粗さ Ra (μm)、溶接部の表面粗さ Rz (μm) 及び疲労寿命 (hr) は、表1で説明したとおりである。

【0263】

なお、疲労寿命試験での、試験チューブ表面に加わる歪は、順に 0.28、0.15、0.28、0.14、0.28、0.14、0.28、0.14 % であった。

【0264】

実施例1 1
 $25\mu\text{m}$ の厚さの SUS316 箔を実施例1と同様な方法でシーム溶接して、 $30\text{mm} \times 250\text{mmL}$ の箔チューブを得た。これに厚さ $2\mu\text{m}$ 目標の硬質Crめっきを行なった。箔チューブの内面については、棒状のCr電極を入れて内外面にわたってCrめっきを行なった。また同様にして溶接した別の SUS316 箔チューブについては夫々 Ni-8%P、Co、Pdの厚さ $2\mu\text{m}$ 目標の無電解めっきを行なった。これらのチューブの端を切って断面の埋め込み研磨を行ない、めっき膜(層)の厚さを調べた。これとは別にめっき層の硬度の測定のために鉄板の上に上記と同じ材質のめっきをそれぞれ約 $30\mu\text{m}$ の厚さに行い、樹脂に埋め込んで研磨した後に硬度を測定した。上記の各めっき箔チューブと比較材としての無めっき箔チューブをプリンタの定着ロールに組み込み、みみかき半杯の鉄粉をチューブ内面にばらまいたうえ、10分間回転させた。その後チューブをはずし、切り開いて内面の疵の発生状況を観察した。これらの結果を表3にまとめて示す。

【0265】

【表3】

	めっき層 の厚さ	めっき層の硬さ Hv	疵の発生状況
無めっき箔チューブ	—	—	数十条の線状痕発生
Ni-8%Pめっき箔チューブ	$2\mu\text{m}$	562	疵なし
Coめっき箔チューブ	$3\mu\text{m}$	432	疵なし
Pdめっき箔チューブ	$2\mu\text{m}$	481	疵なし

【0266】

表3が示すように、各めっき層の硬さはいずれも Hv が 400 以上で、これらの箔チューブは定着ロールの内面に鉄粉を散布した劣悪な環境にあっても疵が発生しなかった。これに対して無めっき箔チューブは何条もの線状の疵が発生した。

【0267】

実施例1 2

厚さ $30\mu\text{m}$ の SUS316 箔の両側に厚さが約 $2\mu\text{m}$ の Ni-2%P、Ni-8%P、Ni-12%P の無電解めっきを行なった。またこれらとは別に同箔の溶接部になる近

傍すなわち箔のカット端面から2～3mmの間の両面に厚さ約2μmのAlとAgの電気めっきをそれぞれ行った。これらの箔をマッシュシーム溶接法により30mmφ×250mmLのチューブに成形した。溶接部を切り出し、埋め込み研磨して溶接部の断面形状と金属組織を観察した。その結果、母材部の厚さがめっき層を含めて34μmであったのに対し、二枚の箔が重なる溶接部の厚さは35～37μmとほぼ母材部の厚さに潰されていた。さらに溶接部を中心にして密着曲げを行い、これを樹脂に埋め込んで、曲げ部の金属組織を観察した。比較材として無めっきの厚さ40μmのSUS316箔を同様にしてマッシュシーム溶接して、溶接部を切り出した後ここを密着曲げした。さらにこの部分を樹脂に埋め込み研磨して、金属組織の観察を行った。その結果、無めっき箔の溶接部は密着曲げにより接合線が箔面に達する部分で僅かに口を開いたが、めっき箔の溶接部の密着曲げ部は全く口を開かなかった。

【0268】

実施例13

厚さ40μmのSUS304およびSUS420J2の箔をマッシュシーム溶接により30mmφ×250mmLのチューブに成形した。溶接後SUS304チューブについては1030℃×3分、SUS420J2については880℃×10分の真空熱処理を行った。熱処理後のチューブの溶接部近傍を切り出し、溶接部を中心にして密着曲げを行い、さらにこれらを埋め込み研磨してエッチングをして、溶接部の組織を観察した。その結果溶接部は全く口を開くことなく、密着曲げに耐えていることが判明した。

【0269】

実施例14

実施例13で試作したSUS304およびSUS420J2の箔チューブの内外面にNi-8%Pの無電解めっきを行った。これらの各チューブを実施例11と同様の鉄粉による疵試験を行ったが、線状痕は発生しなかった。またこれらのチューブを前記の疲労試験に供したが、いずれも750万回を経過して溶接部の破壊は見られなかった。

【0270】

実施例15

厚さ40μmのSUS316の箔を用いて30mmφ×250mmLのチューブをシーム溶接した。この際に溶接電源としてパルス電源を用い、通電時間と非通電時間の比を種々変化させ、さらに溶接部の金属組織を観察し、ナゲットの生成状況を観測した。これの結果を表4に示す。

【0271】

【表4】

通電時間／ 非通電時間	1/20	1/15	1/14	1/12	1/10	1/8	1/7	1/6	1/5
ナゲット長の 比率(%)	36	52	63	100	100	100	54	18	0
発明の範囲	比較 例	本發 明例	本發 明例	本發 明例	本發 明例	本發 明例	本發 明例	比較 例	比較 例

【0272】

表4に示すごとく、通電時間／非通電時間を1／15～1／7に設定したものではナゲット長が溶接線に沿って50%以上あり、良好な溶接が行われていることが判る。

【図面の簡単な説明】

【0273】

【図1】(A)は金属箔チューブに成形する金属箔素板の平面図、(B)は溶接前の金属箔チューブの断面図、(C)は、接合部が直線状の金属箔チューブの斜視図、(D)は、接合部がスパイラル状の金属箔チューブの斜視図である。

【図2】本発明の実施形態に係る金属箔チューブ製造装置の概略側面図である。

【図3】図2の平面図である。

【図4】図3の4-4線に沿う断面図である。

【図5】図4に要部拡大断面図である。

【図6】本実施形態の溶接状態を示す拡大断面図である。

【図7】芯棒の軸線に沿う概略断面図である。

【図8】芯棒の他の例を示す概略図である。

【符号の説明】

【0 2 7 4】

1 3	芯棒、	
1 3 d	、 1 3 e	芯棒部材、
1 5	成形装置、	10
1 6	位置決め部材、	
1 7	保持板、	
1 8	第1押圧部材、	
1 9	第2押圧部材、	
2 0	凹部、	
2 2	重ね代調整手段、	
2 3	偏心装置（カムまたはローラなど）、	
2 5	加圧部材、	
2 4	凹部、	
3 1	固定電極部材、	20
3 2	可動電極部材（電極輪）、	
4 5	流体通路、	
G 、 G'	重ね合わせ部、	
P	金属箔チューブ、	
R	切り欠き部、	
t	板厚（金属箔箇厚）、	
W	金属箔素板、	
x	重ね代。	

【図 1】

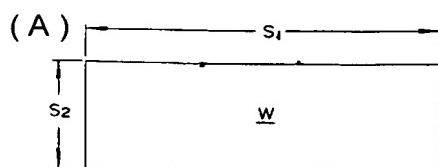
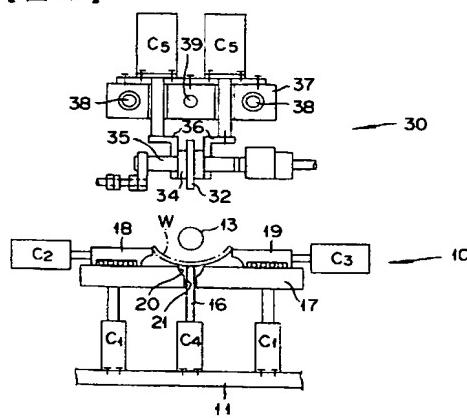
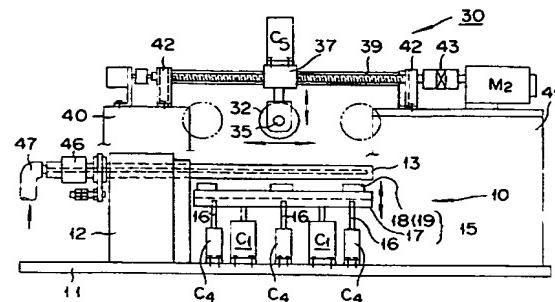


Diagram (D) shows a cylinder with dashed lines indicating internal features. The label 'P' is positioned above the cylinder, and 'G' is positioned below it.

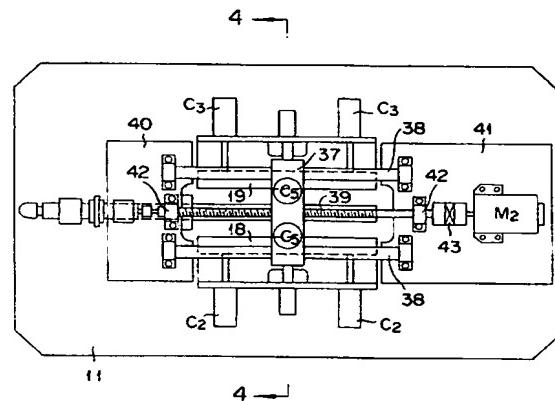
[図 4]



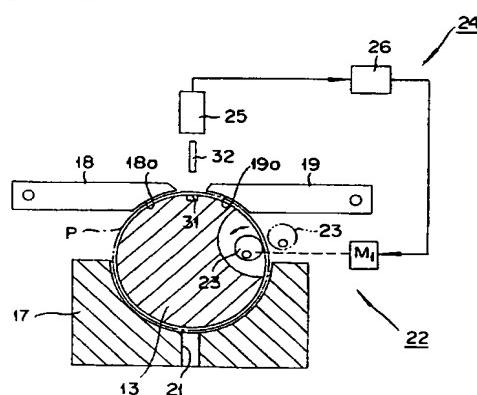
【図2】



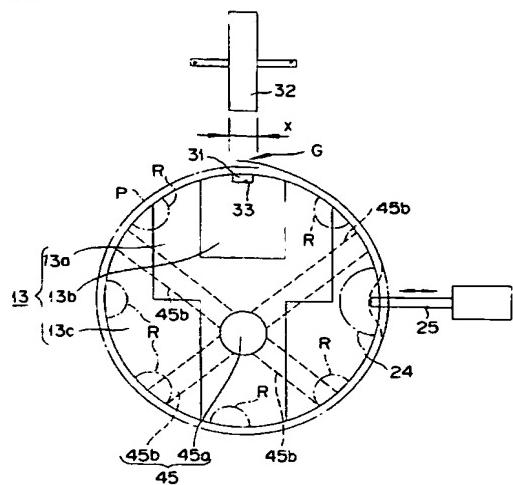
【図3】



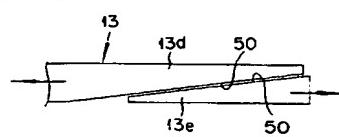
【図5】



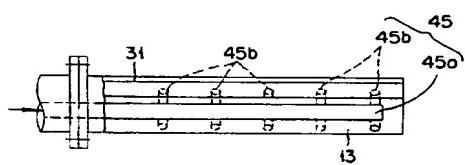
【図 6】



【図 8】



【図 7】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.⁷ F I テーマコード (参考)
B 2 3 K 11/16 B 2 3 K 11/16
B 2 3 K 103:04 B 2 3 K 103:04

(72)発明者 高橋 康夫
大阪府茨木市美穂ヶ丘11番1号 大阪大学接合科学研究所内
(72)発明者 稲田 幸輝
東京都千代田区大手町2-6-3 新日本製鐵株式会社内
(72)発明者 岩見 和俊
東京都千代田区大手町2-6-3 新日本製鐵株式会社内
(72)発明者 今井 篤比古
東京都千代田区大手町2-6-3 新日本製鐵株式会社内
(72)発明者 小林 浩樹
東京都千代田区大手町2-6-3 新日本製鐵株式会社内
(72)発明者 山中 幹雄
神奈川県川崎市高津区坂戸3-2-1 株式会社日鐵テクノリーチ内
(72)発明者 斎藤 亨
神奈川県川崎市高津区坂戸3-2-1 株式会社日鐵テクノリーチ内
F ターム(参考) 4E028 CA01 CA13 CA18